



การศึกษาลิวตอง จังหวัดสงขลา ด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์

A Study of Liwong Pluton in Changwat Songkhla with the Geophysical Method

พวงทิพย์ ร่วงเล็ก

Pungtip Ranglek

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Physics

Prince of Songkla University

2538

เลขที่..... ๖๕๔๖๖.๖๖ ๖๖๖ ๖๖๖๖
Bib Key..... ๖๖ ๖๖๖

๖.๖ (๑)

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาพฤติกรรมของ จิ้งหรีดสงขลา ด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์
ผู้เขียน นางสาวพวงทิพย์ รุ่งเล็ก
สาขาวิชา ฟิสิกส์

คณะกรรมการที่ปรึกษา

-----ประธานกรรมการ
(ดร. วรุฒิ โลหะวิจารณ์)

-----กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ธงชัย พึ่งรัมย์)

-----กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธวัช ชิตตระการ)

คณะกรรมการสอบ

-----ประธานกรรมการ
(ดร. วรุฒิ โลหะวิจารณ์)

-----กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ธงชัย พึ่งรัมย์)

-----กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธวัช ชิตตระการ)

-----กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติชัย วัฒนานิก)

-----กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล อารีกุล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

(ดร. ไพรัตน์ สงวนไพร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาพืดอนลิวง จังหวัดสงขลา ด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์
ผู้เขียน	นางสาวพวงทิพย์ รุ่งเล็ก
สาขาวิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2537

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาพืดอนลิวง โดยการวัดค่าความถ่วงของโลก และการวิเคราะห์ค่าสนามแม่เหล็ก และความเข้มกับมันตาภาพรังสีที่ได้จากการบินสำรวจในพื้นที่ของอำเภอจะนะ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี และอำเภอสะบ้าย้อย จังหวัดสงขลา หรือระหว่างละติจูด $6^{\circ}42'N-6^{\circ}57'N$ และลองจิจูด $100^{\circ}42'E-100^{\circ}58'E$ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดขอบเขตของพืดอนลิวง

ผลจากการศึกษาแสดงว่าขอบเขตของพืดอนลิวงสามารถกำหนดได้จากการวิเคราะห์ และสร้างแบบจำลองของพืดอนลิวงจากแผนที่ความถ่วง แผนที่สนามแม่เหล็ก และแผนที่กับมันตาภาพรังสีจากการบินสำรวจ โดยพบว่าพืดอนลิวงมีความลึกต่อเนื่องลงไปถึงระดับความลึกประมาณ 450 เมตร ซึ่งในการสร้างแบบจำลองของพืดอนลิวงนี้ ได้กำหนดให้หินฐานเป็นหินแกรนิตอีกชุดหนึ่ง ที่มีความหนาแน่นมากกว่า แต่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กน้อยกว่าแกรนิตของพืดอนลิวง

Thesis Title	A Study of Liwong Pluton in Changwat Songkhla with the Geophysical Method
Author	Miss.Pungtip Ranglek
Major Program	Physics
Academic Year	1994

ABSTRACT

The Liwong Pluton was studied by analyzing the gravity map, aero-magnetic map and aero-radioactivity map. The study area covers Amphoe Chana, Thepha, Na Thawi and Saba Yoi in Changwat Songkhla, between latitude $6^{\circ}42'N$ - $6^{\circ}57'N$ and longitude $100^{\circ}42'E$ - $100^{\circ}58'E$. The objective of this study was to determine the boundaries of the Liwong Pluton.

The results showed that boundaries of Liwong Pluton can be determined by using gravity map, magnetic map and radioactivity map obtained from aero-surveying. Geophysical modelling of gravity and magnetic profiles showed that the maximum depth of Liwong Pluton was about 450 m. Higher density and lower susceptibility (than Liwong Pluton) granite rock was assigned as a basement rock underlain the Liwong Pluton.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆดังต่อไปนี้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่สนับสนุนด้านการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย และภาค
วิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งสนับสนุนด้านทุนวิจัย
กรมทรัพยากรธรณีในด้านข้อมูลการบินสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ และสถาบัน IPPS
มหาวิทยาลัย Uppsala ประเทศสวีเดนสำหรับเครื่องมือวิจัย

ขอขอบคุณ ดร.วรวิทย์ โลหะวิจารณ์ ผศ.ดร.ชัช ชิตตระการ รศ.ธงชัย พึ่งรักมี
อาจารย์ไกรภพ ผ่องสุวรรณ อาจารย์สุขสวัสดิ์ ศิริจารุกุล ครูสมยศ วิชาวลัญช์ คุณพิพัฒน์
เหล่าวัฒนบัณฑิต คุณโกสุเมง สืบจากปล้อง คุณเคชา ปัตรวรรณ คุณสุรศักดิ์ แก้วอ่อน
คุณสุวิทย์ เพชรห้วยลึก คุณธนพงศ์ พันธุ์ทองและคุณปิยะวัชร จุงศิริ สำหรับคำแนะนำทาง
วิชาการ งานสนามและงานในห้องปฏิบัติการ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และพี่ๆ ที่สนับสนุนด้านการศึกษาและให้กำลังใจตลอดมา จนกระทั่งประสบความสำเร็จในวันนี้

พวงทิพย์ รุ่งเล็ก

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(7)
รายการภาพประกอบ	(8)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	5
วัตถุประสงค์	17
2. วิธีการวิจัย	19
วัสดุ	19
อุปกรณ์	20
วิธีดำเนินการ	27
3. ผลและอภิปรายผล	46
4. บทวิจารณ์และสรุป	86
บรรณานุกรม	90
ภาคผนวก	94
ประวัติผู้เขียน	153

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1. ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลความถ่วงและความสูง ในภาคสนาม	29
2. ตัวอย่างการปรับแก้ค่าครีฟท์ของความถ่วง	35
3. ขอบเขตของโซนและจำนวนห้องในแต่ละโซนของ แผนภูมิแฮมเมอร์	38
4. ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและค่าความหนาแน่น เฉลี่ยของหินในพื้นที่ศึกษา	43
5. ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่ได้ ปรับปรุงและนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองพลุดอนลิ่ง	44
6. การเปรียบเทียบความสูงที่ได้จากการวัดด้วยมาตรระดับ ความสูง และการทำรังวัด	47
7. ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของหินในพื้นที่ศึกษาวิจัย	50
8. ความแรงรังสีและปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล ในหินแกรนิต	78
9. ความแรงรังสีและปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล ในหมู่หินเซิร์ต	79
10. ความแรงรังสีและปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล ในหมู่หินแอนซิ	80

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1. ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาวิจัย	2
2. ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาวิจัย	3
3. หินอัคนีแทรกซอนชนิดต่างๆ	4
4. คาบสมุทรไทย	6
5. แผนที่แนวการกระจายตัวของหินแกรนิตในประเทศไทย	7
6. แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาวิจัย	10
7. โครงสร้างทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาวิจัย	11
8. ตำแหน่งเหมืองแร่	14
9. แกรวิติมิเตอร์แบบลาคอสท์และรอมเบิร์ต	21
10. เล้าโครงของแกรวิติมิเตอร์แบบลาคอสท์และรอมเบิร์ต	22
11. มาตรฐานระดับความสูงชนิดความดัน	23
12. เล้าโครงหัววัดเขามาเนียมบริสุทธิ์สูง(HPGe)	24
13. การต่ออุปกรณ์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุกัมมันตรังสี	25
14. แคปปามีเตอร์(KT-5)	26
15. ตำแหน่งวัดความถ่วงและความสูง	28
16. ตัวอย่างวงรอบของการวัดความถ่วงและความสูง	29
17. หน้าปัทม์แคปปามีเตอร์ KT-5	30
18. การปรับแก้บูเกอร์ที่จุดวัด	36
19. ลักษณะภูมิประเทศ	37
20. แผนภูมิแฮมเมอร์	38
21. แผนที่ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา	45
22. กราฟเคลื่อนของความสูงจากการวัดด้วยมาตรฐานระดับความสูง	47
23. เปรียบเทียบความถ่วงผิดปกติสัมบูรณ์ที่ได้จากการวัด ความสูงด้วยรังวัดและมาตรฐานระดับความสูง	48
24. ตำแหน่งของตัวอย่างหิน	49
	(8)

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
25. ความหนาแน่นของตัวอย่างหิน	51
26. การกระจายของความหนาแน่นของตัวอย่างหิน	52
27. แผนที่คอนทัวร์ค่าศักย์ก่อกวนในหน่วย gu ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	54
28. แผนที่คอนทัวร์ค่าศักย์ก่อกวนของสนามแม่เหล็กโลกรวม (Survey A) ในหน่วย mT ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	56
29. แผนที่คอนทัวร์ค่าศักย์ก่อกวนของสนามแม่เหล็กโลกรวม(Survey C) ในหน่วย mT ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	57
30. ค่าสภาพปรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของหินตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาวิจัย	58
31. ภาคตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนว AB	59
32. แบบจำลอง"ฟลูตอนลิ่งเดิม"ในแนว AB	61
33. แบบจำลอง"ฟลูตอนลิ่ง 1" ในแนว AB	63
34. แบบจำลอง " ฟลูตอนลิ่ง 2 " ในแนว AB	65
35. แบบจำลอง " ฟลูตอนลิ่ง 2 " ในแนว CD"	66
36. แบบจำลอง " ฟลูตอนลิ่ง 2 " ในแนว BF"	68
37. แบบจำลอง " ฟลูตอนลิ่ง 2 " ในแนว GH"	69
38. แบบจำลอง " ฟลูตอนลิ่ง 2 " ในแนว IJ"	71
39. แผนที่คอนทัวร์ความลึกของฟลูตอนลิ่งในหน่วย m ซ้อนทับ บนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	72
40. แผนที่คอนทัวร์ความลึกของแกรนิตสงขลาในหน่วย m ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	73
41. แผนที่คอนทัวร์โพแทสเซียม (K) ในหน่วยร้อยละซ้อนทับ แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	75
42. แผนที่คอนทัวร์ยูเรเนียมสมมูล (eU) ในหน่วย ppm ซ้อนทับ แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	76
	(9)

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
43. แผนที่คอนทัวร์ทอเรียสมมูล (eTh) ในหน่วย ppm ซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	77
44. ค่าความเข้มข้นของ K ในตัวอย่างหินจากการวิเคราะห์ ด้วยสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา	83
45. ค่าความเข้มข้นของ eU ในตัวอย่างหินจากการวิเคราะห์ ด้วยสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา	84
46. ค่าความเข้มข้นของ eTh ในตัวอย่างหินจากการวิเคราะห์ ด้วยสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา	85

บทที่ 1

บทนำ

ธรณีฟิสิกส์(Geophysics) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาลักษณะของกระบวนการภายในโลกที่เกิดขึ้นจนเป็นที่สังเกตได้บนผิวโลก ลักษณะการสำรวจธรณีฟิสิกส์ประกอบด้วยการวัดปริมาณอันเนื่องมาจากสมบัติทางฟิสิกส์ได้ผิวดิน ณ บริเวณที่สำรวจ การศึกษาธรณีฟิสิกส์อาศัยความแตกต่างกันในสมบัติทางฟิสิกส์อย่างใดอย่างหนึ่งของชั้นหิน และสินแร่ได้ผิวดิน เช่น ความยืดหยุ่น(elasticity) ความหนาแน่น(density) สภาพความเป็นแม่เหล็ก(magnetization) ลักษณะทางไฟฟ้า(electrical characteristic) ระดับกัมมันตภาพรังสี(radioactivity levels) เป็นต้น ปัจจุบันมีการนำวิชาธรณีฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางเพื่อการสำรวจหาวัตถุที่อยู่ใต้ผิวดิน เช่นสภาพธรณีโครงสร้าง สินแร่ ตลอดจนสมบัติของหินฐานราก ฯลฯ ในการศึกษาพลวัตของสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงสนามความถ่วงของโลก การเปลี่ยนแปลงความเข้มสนามแม่เหล็กโลก และการเปลี่ยนแปลงกัมมันตภาพรังสีเพื่อกำหนดขอบเขตของพลวัต

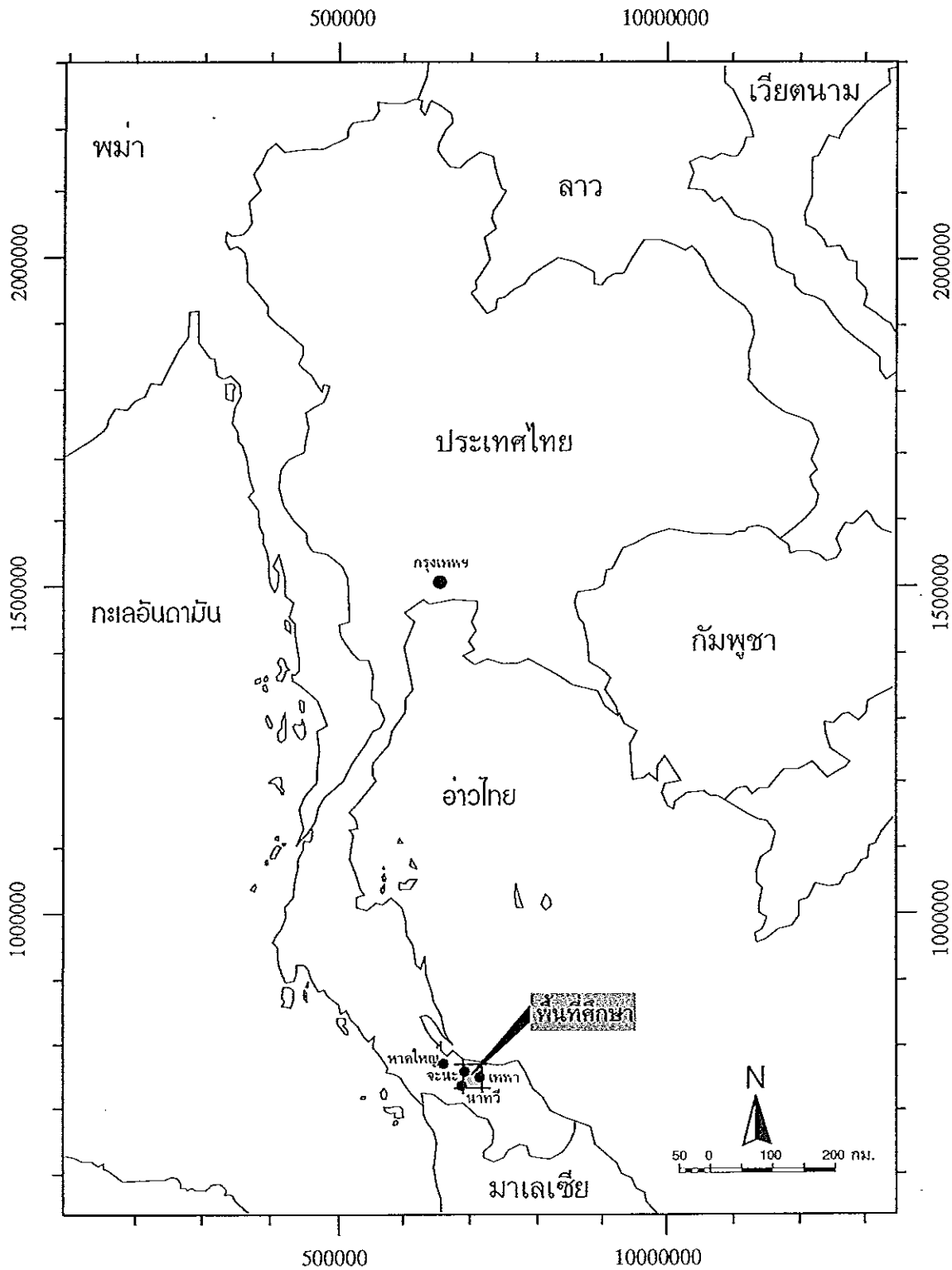
บทนำด้านเรื่อง

พื้นที่ที่ทำการศึกษายู่ในเขตอำเภอจะนะ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี และอำเภอสบไชย จังหวัดสงขลา หรือระหว่างละติจูด $6^{\circ}42'N-6^{\circ}57'N$ (740000-773000) และลองจิจูด $100^{\circ}42'E-100^{\circ}58'E$ (687000-720000) ครอบคลุมเนื้อที่ประมาณ 600 ตารางกิโลเมตร (ภาพประกอบ 1)

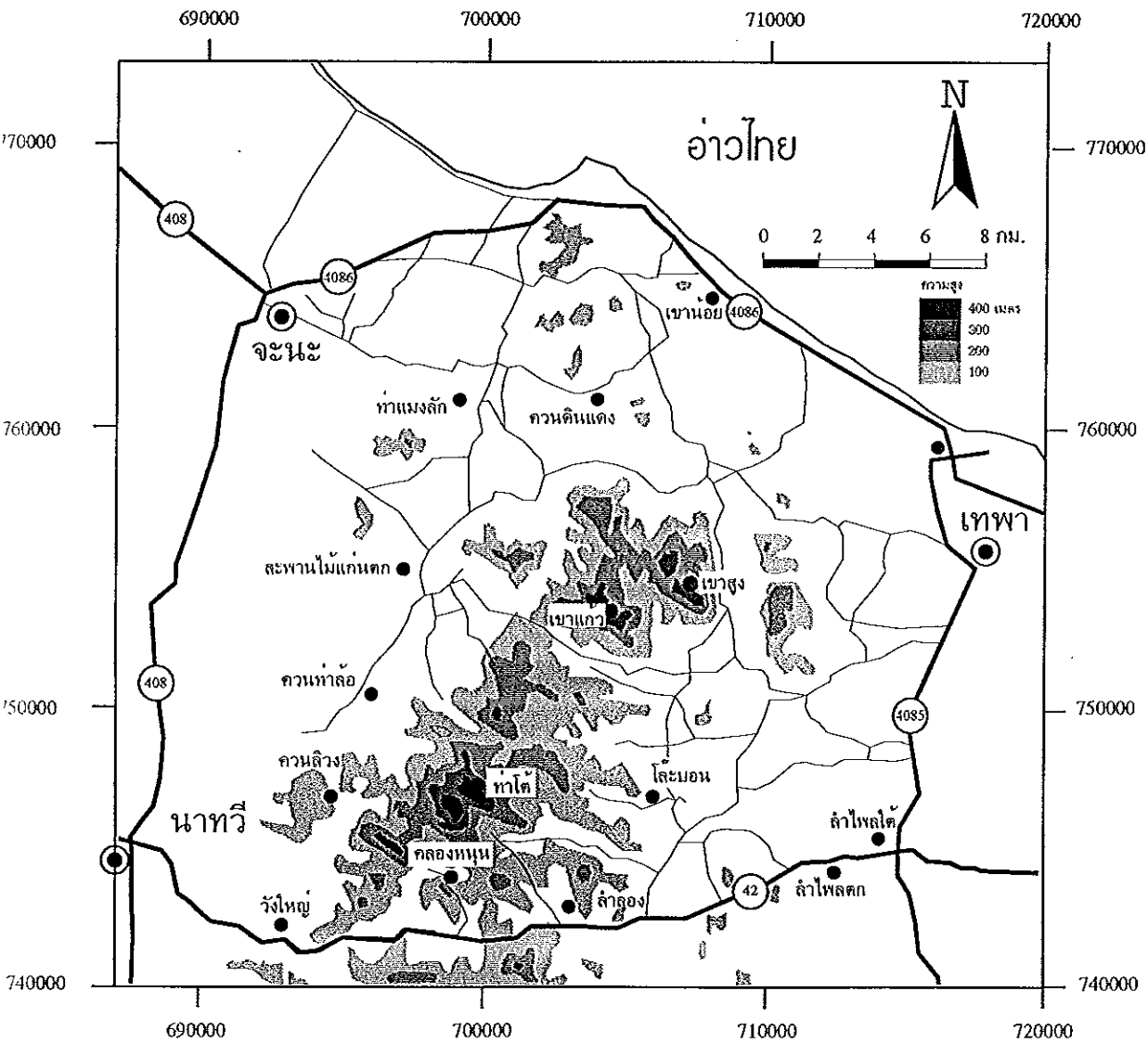
ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ทำการศึกษามีส่วนใหญ่เป็นที่ราบ ได้แก่ที่ราบชายฝั่งทะเล ที่ราบริมฝั่งแม่น้ำ และที่ราบหุบเขา พื้นที่ที่เป็นเขาพบอยู่กลางพื้นที่ศึกษามีแนวประมาณ NNE ครอบคลุมเนื้อที่ 225 ตร.กม. มียอดสูงที่สุดประมาณ 480 เมตร (ภาพประกอบ 2)

พลวัตของหรือแกรนิตลิวเป็นชื่อเรียกหินแกรนิตในพื้นที่วิจัยทั้งหมด (ธงชัย พึ่งรัมย์, 2535) มีเนื้อที่ประมาณ 60 ตารางกิโลเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ

ภาพประกอบ 1 ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาวิจัย



ภาพประกอบ 2 ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาวิจัย



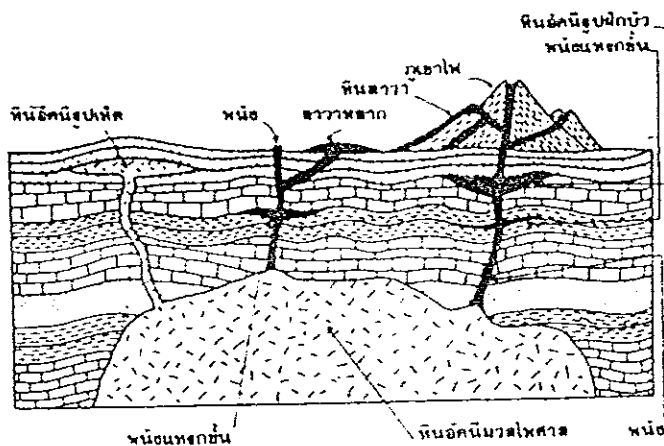
9 กิโลเมตรปรากฏอยู่ระหว่างละติจูด $6^{\circ}45.3'N-6^{\circ}46'N$ (743700-753000) และลองจิจูด $100^{\circ}5.4' E-100^{\circ}46' E$ (695750-705000)

พลูตอน(pluton) หมายถึงมวลหินอัคนีที่เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืด(magma) ภายใต้อิทธิพลของโลกหรือมวลหินที่เกิดจากหินเดิมซึ่งแปรสภาพโดยการแทนที่(metasomatism)

พลูตอนแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ (1) พลูตอนแบบร่วมแนว (concordant pluton) คือ มวลหินอัคนีแทรกซอนที่มีแนวขนานไปกับแนวชั้นหินท้องที่ เช่น พนังแทรกชั้น(sill) หินอัคนีรูปเห็ด(jaccolith) หินอัคนีรูปฝักบัว(topolith) (2) พลูตอนแบบไม่ร่วมแนว (discordant pluton) คือมวลหินอัคนีแทรกซอนที่ตัดผ่านแนวของชั้นหินท้องที่ เช่น พนัง(dike) หินอัคนีมวลไพศาล(batholith) ซึ่งมีพื้นที่ผิวโผล่ให้เห็นมากกว่า 100 ตารางกิโลเมตร แต่ถ้ามีพื้นที่ผิวโผล่น้อยกว่า 100 ตารางกิโลเมตรจะเรียกว่าลำหินอัคนี(stock) โดยมากหินอัคนีมวลไพศาลเป็นหินชนิดหินแกรนิต(granitic rock) ซึ่งหินแกรนิตเป็นส่วนประกอบของทวีปประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ (ธงชัย พึ่งรัศมี, 2531)

ภาพประกอบ 3 หินอัคนีแทรกซอนชนิดต่างๆ

(ที่มา: พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา, 2530)



การตรวจเอกสาร

Bunopas (1982) ได้รายงานไว้ว่าคาบสมุทรไทยมีรูปร่างแคบ มีความยาวประมาณ 1000 กิโลเมตรจากคอคอดกระถึงคาบสมุทรมาเลเซีย ตั้งแต่คอคอดกระลงมาตอนใต้ ได้แบ่งคาบสมุทรโดยอาศัยสมบัติทางภูมิศาสตร์และธรณีวิทยาออกเป็น คาบสมุทรไทยตอนกลาง และคาบสมุทรไทยตอนใต้ คาบสมุทรไทยตอนกลางมีรูปร่างเป็นครึ่งหนึ่งของสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ซึ่งมีจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี กระบี่ และระนอง ประกอบเป็นมุมทั้งสี่ ส่วนคาบสมุทรไทยตอนใต้หมายรวมถึงตั้งแต่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของกระบี่และสุราษฎร์ธานีไปจนถึงมาเลเซีย ซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของสงขลาและนราธิวาส (ภาพประกอบ 4)

การศึกษาทางด้านธรณีวิทยาของประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2483-2494 พบว่ามวลหินอัคนีมวลไพศาล (batholiths) ปรากฏอยู่บริเวณในภูเขาทางตะวันตกและคาบสมุทรไทย และลำหินอัคนี(stock) ปรากฏอยู่ทางตอนเหนือและตอนกลางของไทย และอ่าวไทยตะวันออก (Bunopas, 1982)

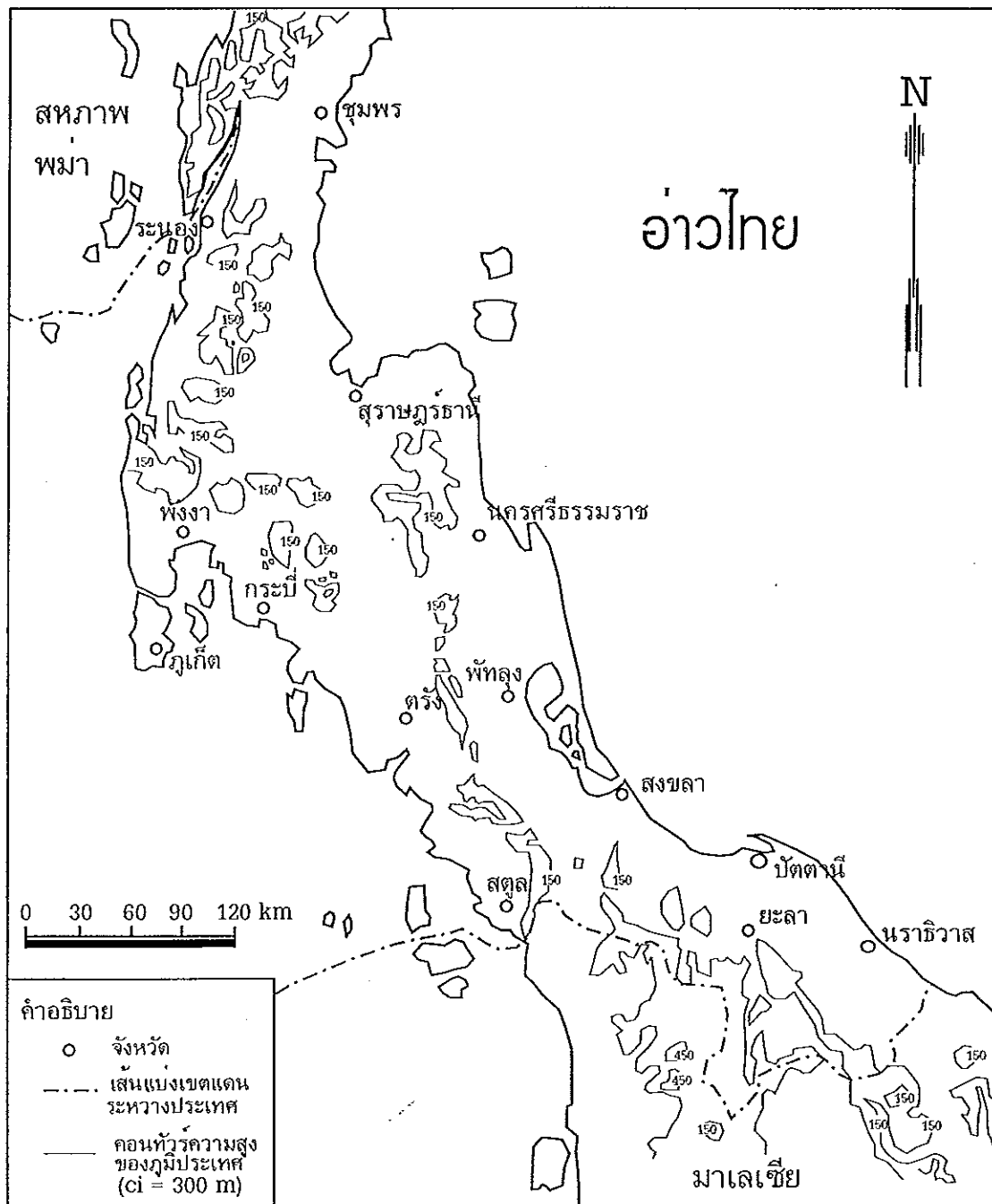
ปัญญา จารุศิริ และคณะ(2534) ได้รายงานไว้ว่าหินแกรนิตมีอยู่เกือบทั่วประเทศ ไทย ยกเว้นบริเวณที่ราบสูงโคราช แนวหินแกรนิตแถบภูมิภาคนี้เป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นถิ่นกำเนิดแหล่งแร่ดีบุกที่ใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่งของโลก ประมาณว่าแร่ดีบุกที่ผลิตจากภูมิภาคนี้มีประมาณสามในสี่ของการผลิตจากทั่วโลก

แนวหินแกรนิตของประเทศไทยและของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้แบ่งออกได้เป็น 3 แนว โดยอาศัยความแตกต่างของสภาวะแวดล้อมทางธรณีวิทยา ลักษณะสภาพหินแกรนิต และอายุหินแกรนิต ซึ่งได้แก่แนวตะวันตก แนวตะวันออกและแนวกลาง (ภาพประกอบ 5)

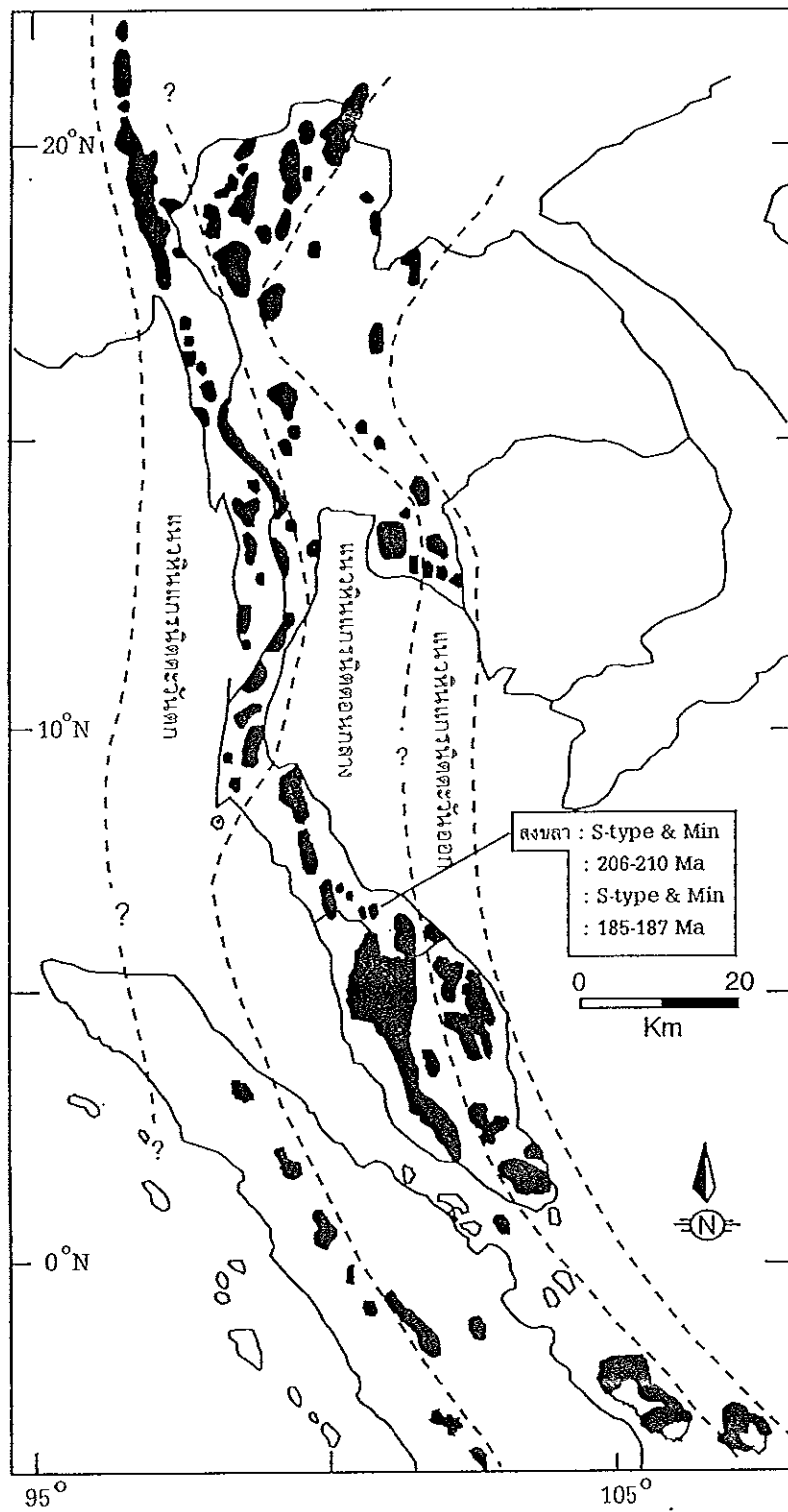
หินแกรนิตแนวตะวันออก หินแกรนิตในแนวนี้เริ่มต้นจากเกาะบิลลิตัน ประเทศอินโดนีเซียผ่านภาคตะวันออกของมาเลเซีย ไปยังภาคตะวันออกของไทยขนานไปตามขอบของที่ราบสูงโคราชไปสิ้นสุดที่ลาว และทางตอนใต้ของประเทศจีน หินแกรนิตในแนวนี้ประทุขึ้นมาในหินตะกอน และหินตะกอนภูเขาไฟ การประทุของหินแกรนิตนี้เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการระเบิดของภูเขาไฟ ในช่วงอายุคาร์บอนิเฟอรัส ถึง ยุคไทรแอสซิก บริเวณที่มีหินแกรนิตแนวนี้อยู่มากคือที่จังหวัดตาก แพร่ น่าน ลำปาง เลย จันทบุรีและจังหวัดนราธิวาส

หินแกรนิตที่กระจายตัวอยู่ในแนวตะวันออกนี้มักแสดงการเปลี่ยนแปลงของหินเป็นแนวๆ (zones) มีตั้งแต่หินแกรนิต "จริงๆ" (true granites) ซึ่งมักอยู่ส่วนกลางของมวลหินอัคนีระดับลึก(plutons) ไปจนถึงพวกที่มีแร่แมฟิก(mafic) มากกว่าซึ่งอยู่ติดกับขอบของ

ภาพประกอบ 4 คาบสมุทรไทย
(ที่มา: Lohawijarn, 1992)



ภาพประกอบ 5 แผนที่แนวการกระจายตัวของหินแกรนิตในประเทศไทย
(ที่มา: ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2534)



มวลหิน เช่น หินควอร์ตซ์ไดออไรต์(quartz diorite) และหินแกรโนไดออไรต์ (granodiorite) หินแกรนิตในแนวนี้จัดอยู่ในประเภทที่เกิดจากการตกผลึกลำดับส่วน การหลอมละลายบางส่วนจากหินหนืด(magma)ซึ่งเรียกว่า I-type และจัดอยู่ในหินแกรนิตประเภทที่มีแร่แมกนีไทต์อยู่ ที่เรียกว่า Magnetite-Series อายุของหินแกรนิตในแนวตะวันออกนี้โดยวิธี $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ พบว่ามีอายุอยู่ระหว่าง 210-245 ล้านปี (ยุคไทรแอสซิก-ยุคเพอร์เมียน) (ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2534)

แนวหินแกรนิตตอนกลาง หินแกรนิตในแนวนี้วางตัวเกือบจะขนานกับแนวแรกและแผ่ปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่เหนือจดใต้ นับได้ว่าครอบคลุมเนื้อที่ประเทศไทยมากที่สุด โดยเริ่มตั้งแต่บริเวณภาคเหนือของประเทศเกือบทั้งหมดยกเว้นทางทิศตะวันตกของภาคผ่านเรื่อยลงมาทางตอนกลางของประเทศ และต่อเลยไปจนถึงคาบสมุทรไทย-มาเลเซียผ่านภาคใต้ของประเทศไทยและทางตะวันตกของประเทศมาเลเซีย และต่อไปจนถึงตอนเหนือและตอนกลางของเกาะสุมาตรา ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน ชลบุรี ราชบุรี สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา และจังหวัดยะลา แนวแกรนิตนี้แตกต่างจากแนวแกรนิตตะวันออกทั้งในแง่การเกิดและสภาพแวดล้อมทางธรณีวิทยา กล่าวคือแกรนิตแนวนี้ดันตัวมาอยู่ในหินตะกอนเนื้อผสม หินแกรนิตในแนวนี้ประมาณมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์จะเป็นหินที่แสดงลักษณะและส่วนประกอบที่จัดว่าเป็นแกรนิตจริงๆ ดังนั้นโดยทั่วไปจึงมีส่วนประกอบของแร่แมฟิก(mafic) เช่นแร่ฮอร์นเบลนด์และแร่ไบโอไทต์อยู่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับหินแกรนิตในแนวตะวันออก โดยเฉพาะฮอร์นเบลนด์แทบไม่พบเลย ส่วนแร่สโโครไวต์จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาทางธรณีเคมีของหินแกรนิตในแนวนี้ พบว่าส่วนใหญ่เกิดจากการหลอมละลายบางส่วนของหินที่สะสมตัวอยู่เดิมในเปลือกโลกหรือที่เรียกว่า S-type และจัดอยู่ในพวกหินแกรนิตที่มีแร่อิลเมนไนต์อยู่ด้วยถึง 91 เปอร์เซ็นต์ ที่เรียกว่า Ilmenite Series ตามวิธีจำแนกของ Ishihara et al.(1980) จากการศึกษาอายุของหินแกรนิตในแนวนี้โดยวิธี $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ มีอายุอยู่ระหว่าง 180-220 ล้านปี(ต้นยุคจูแรสซิก-ปลายยุคไทรแอสซิก) (ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2534)

หินแกรนิตแนวตะวันตก หินแกรนิตในแนวนี้มีลักษณะการวางตัวอยู่ในทิศเหนือ-ใต้ และวางตัวเกือบขนานกับแกรนิตแนวอื่นๆ พบในประเทศพม่าเป็นส่วนใหญ่ไม่พบในประเทศมาเลเซียแต่พบทางตะวันตกของเกาะสุมาตรา ส่วนในประเทศไทยพบในแถบแม่ลามา จังหวัดแม่ฮ่องสอน ทางตอนเหนือ แถบปืดอกจังหวัดกาญจนบุรี ทางตอนกลางในประเทศไทย และตั้งแต่ระนองถึงภูเก็ตทางตอนใต้ของประเทศ หินแกรนิตแนวนี้ในประเทศไทยจะ

ค้นตัวขึ้นมากอยู่กับหินข้างเคียงจำพวกหินตะกอนเนื้อผสม ไม่พบปะปนอยู่กับหินภูเขาไฟหรือหินตะกอนภูเขาไฟ ซึ่งเหมือนกับแกรนิตในแนวกลางของประเทศ หินแกรนิตในแนวนี้เหมือนกับหินแกรนิตในแนวกลางคือมีแร่ฮอร์นเบลนด์น้อยมาก แต่จะพบแร่ไบโอไทต์และมัสโคไวต์มากมาย ปริมาณของแร่ควอร์ตซ์และแร่เฟลด์สปาร์ก็มากมายเช่นกัน จากการศึกษาทางธรณีเคมีของหินแกรนิตในแนวนี้พบว่า 98 เปอร์เซ็นต์ของหินแกรนิตในแนวนี้เป็นแกรนิตประเภท S-type หรือ Ilmenite-series เป็นส่วนใหญ่ สำหรับอายุของหินแกรนิตในแนวนี้โดยวิธี $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ มีอายุประมาณ 55-80 ล้านปี (ปลายยุคครีเทเชียส-ต้นยุคเทอร์เชียรี) จากการศึกษาเชื่อว่าหินแกรนิตในแนวนี้ส่วนใหญ่มีผลเนื่องมาจากการหลอมละลายของหินดั้งเดิมในชั้นเปลือกโลกส่วนทวีป

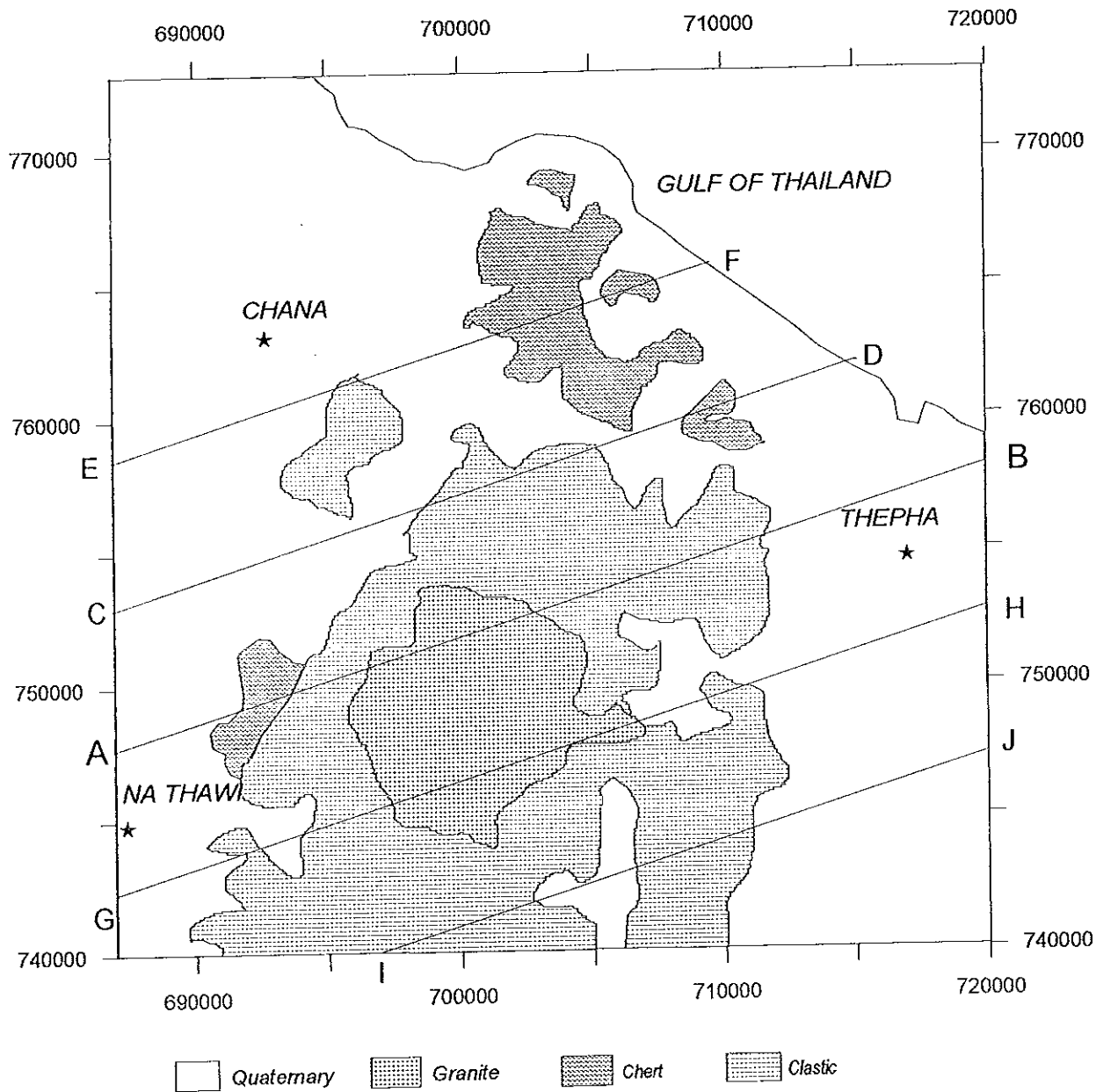
Sano et al. (1985) ได้ทำการศึกษากินแกรนิตบริเวณทางภาคใต้ของไทย พบว่ามีค่าสภาพรีดิวซ์ได้ทางแม่เหล็กน้อยกว่า 6.3×10^{-4} SI ความหนาแน่นเฉลี่ยของหินแกรนิตบริเวณนี้ประมาณ $2.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ และมีปริมาณกำมะถันภาพรังสีสูงซึ่งได้แก่ปริมาณโพแทสเซียมยูเรเนียม และทอเรียมมีค่าเฉลี่ยเป็น 5.7 % 46 ppm และ 91 ppm ตามลำดับ

Ishihara et al (1979) รายงานว่าหินแกรนิตในคาบสมุทรไทยมีส่วนประกอบส่วนมากเป็น ilmenite ถึง 91 %

ธงชัย พึ่งรัตน์ (2535) ได้ทำการศึกษาทางธรณีวิทยาของหินแกรนิตลิวง พบว่าหินแกรนิตในบริเวณนี้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ (1) หินแกรนิตเนื้อดอกที่ประกอบด้วยแร่ดอก (phenocrysts) ได้แก่แร่เฟลด์สปาร์ และเนื้อพื้น (ground mass) ซึ่งได้แก่ควอร์ตซ์ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ ไบโอไทต์เซอร์คอน อะพาไทต์ ทัวมาลีน และมัสโคไวต์ ลักษณะของหินแกรนิตเนื้อดอกนี้มีสีอ่อน (leucocratic) (2) หินแกรนิตเนื้อเท่า ส่วนประกอบทางแร่เหมือนกับเนื้อดอกต่างกันตรงเนื้อหิน โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นหินแกรนิตเนื้อเท่าพบโผล่อยู่ 2 บริเวณ แทรกซอนเข้าไปในหมู่หินเศษชิ้นของหินตะกอนยุคไทรแอสซิก ที่อำเภอเตยคำและที่บ้านคลองใหญ่ (ภาพประกอบ 6)

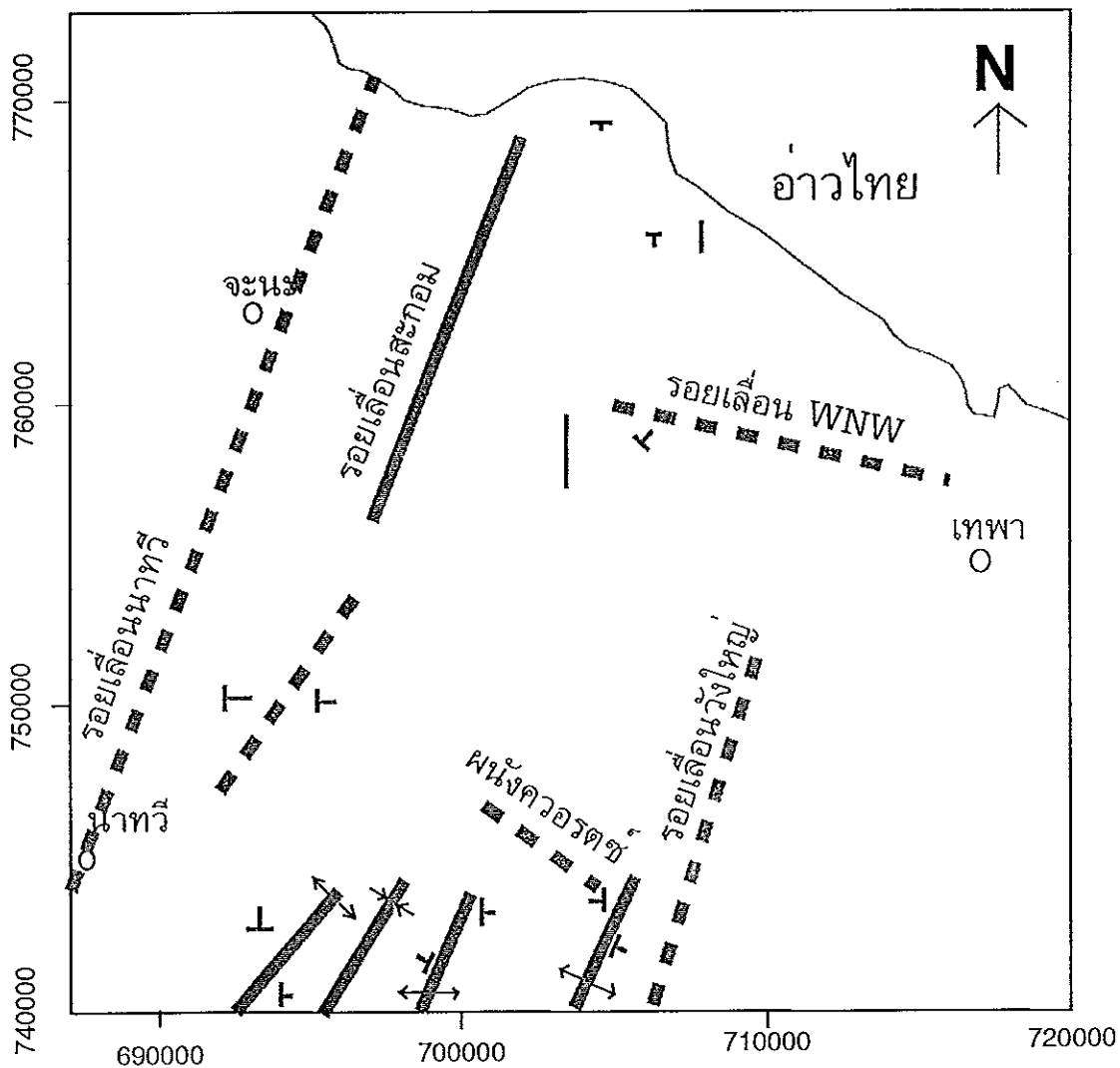
หินแกรนิตลิวงมีอายุอยู่ในยุคปลายไทรแอสซิกถึงยุคต้นจูราสซิกแทรกซอนเข้าไปในหินตะกอนซึ่งประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน หินโคลน หินเชิร์ต และหินกรวดมน ที่มีอายุประมาณช่วงกลางถึงช่วงปลายไทรแอสซิกทำให้เกิดเป็นหินแปรในบริเวณใกล้เคียงสัมผัส หินตะกอนซึ่งจัดอยู่ในหมวดหินนาทวี ประกอบด้วยหมู่หินเชิร์ต (chert) และหมู่หินเศษชิ้น (clastic rock) รอยสัมผัสระหว่างหมู่หินเป็นรอยเลื่อน ชั้นหินเชิร์ตในหมู่หินเชิร์ตมีลักษณะเด่นคือ กดโค้งตั้งแต่กดโค้งแบบพับซ้ำถึงนอนทับ ส่วนหมู่หิน

ภาพประกอบ 6 แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาวิจัย
(ที่มา : ธงชัย พึ่งรัศมี, 2535)



ภาพประกอบ 7 โครงสร้างทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาวิจัย

(ที่มา : คัดแปลจาก ธงชัย พึ่งรัมย์, 2535)



- $\updownarrow$ ชั้นหินโค้งรูปประทุน (anticline)
- $\times$ ชั้นหินโค้งรูปประทุนหงาย (syncline)
- รอยเลื่อน เส้นประ-โดยประมาณหรือที่คาด
- T แนวระดับและการเทของชั้นหิน

เศษชิ้นมีการคดโค้งรูปประทุนและรูปประทุนหงายแบบบอสมมาตร

ธงชัย พึ่งรัมย์ (2535) ได้กำหนดรอยเลื่อนเด่น 3 ทิศทาง คือ NNE , N-S และ WNW (ภาพประกอบ 7)

1. รอยเลื่อน NNE เป็นรอยเลื่อนใหญ่มี 3 บริเวณ

1.1 รอยเลื่อนนาทวี อยู่ทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา ผ่านอำเภอนาทวี ที่ราบลุ่มน้ำนาทวี-อำเภोजะนะ ออกสู่อ่าวไทยมีความยาวประมาณ 35 กิโลเมตร

1.2 ทางตะวันออกของควนกรด (กริด 693500,749000) ผ่านตะวันออกของควนลาน (กริด696500,756000)-ควนจำศีล (กริด698500,759500)-บ้านปากบางเทพา (กริด702100, 768200) ออกสู่อ่าวไทยมีความยาวประมาณ 23 กิโลเมตร

1.3 รอยเลื่อนวังใหญ่ ทางตะวันออกของควนหมัก (กริด 706500,742700)-บ้านวังใหญ่ (กริด 706500,744700)-บ้านโละบอน (กริด 706600,746900)-บ้านใหม่เหนือ (กริด 706800, 750700) มีความยาวประมาณ 15 กิโลเมตร

2. รอยเลื่อนทิศทาง N-S เป็นรอยเลื่อนขนาดเล็กพบอยู่ 3 บริเวณ

2.1 บ้านแซะ (กริด 701600,757500) รอยเลื่อนมีความยาวประมาณ 1 เมตรพบในหิน เซิร์ตคดโค้งสลับหินทรายเม็ดเล็ก

2.2 ควนบุระ (กริด 707700,764800) พบในหินเซิร์ตสลับหินโคลน

2.3 ควนลิวง (กริด 695100,748700) พบในชั้นหินทรายสลับกับหินดินดาน

3. รอยเลื่อนทิศทาง WNW เริ่มจากบริเวณบ้านทุ่งเนียด (กริด 710400,759100) ไปควนวังพัง (กริด 702200,763100) มีความยาวประมาณ 13 กิโลเมตร

ยงยุทธ ตรังคศาสตร์ (2523) รายงานว่าแร่เกิดในช่วงภายหลังหินแกรนิตแข็งตัวหรือ กำลังแข็งตัวโดยสารละลายร้อนหรือแก๊สที่เหลืออยู่ซึ่งมีธาตุคัลเซียมและซัลเฟตรวมอยู่ด้วยถูก นำพาขึ้นมาตามรอยแตกของหินที่แข็งตัวแล้ว ธาตุที่อยู่ในสภาพแก๊สหรือสารละลายร้อนนั้น บางส่วนก็พุ่งผ่านหินแกรนิตเข้าไปตกผลึกเป็นสายควอร์ตซ์ล้วนๆ และสายควอร์ตซ์ที่มีแร่ คัลเซียมหรือปนกับซัลเฟตรวมอยู่ในรอยแตกของหินข้างเคียง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินทราย หรือหิน ควอร์ตซ์ไซต์ในส่วนของที่ถูกแปรสภาพโดยความร้อนจากหินแกรนิต แต่แร่คัลเซียมและซัลเฟร บางส่วนจะเกิดร่วมกับสายควอร์ตซ์ หรือเกิดฝังประในหินแกรนิต ต่อมาเมื่อหินข้างเคียง หรือหินแกรนิตที่มีแร่คัลเซียมและซัลเฟรเกิดการผุพังถูกทำลายไป สายควอร์ตซ์ที่มีแร่ ซึ่งมีความทนต่อการผุพังได้ดีกว่าหินที่มันแทรกตัวอยู่ก็จะตกหล่นออกมาจากสายเดิม และบาง ส่วนของแร่คัลเซียมและซัลเฟรจะแตกหล่นออกมาจากสายควอร์ตซ์ พวกแร่และหินเหล่านี้จะ

ถูกพัดพาไปสู่ที่ต่ำกว่า เกิดเป็นแหล่งแร่พลัดตกตามท้องห้วยในที่ใกล้ๆ ดันกำเนิดแกรนิตลิว
แทรกซอนเข้าไปในหินตะกอน ทำให้เกิดหินแปรในบริเวณใกล้รอยสัมผัสหินตะกอน

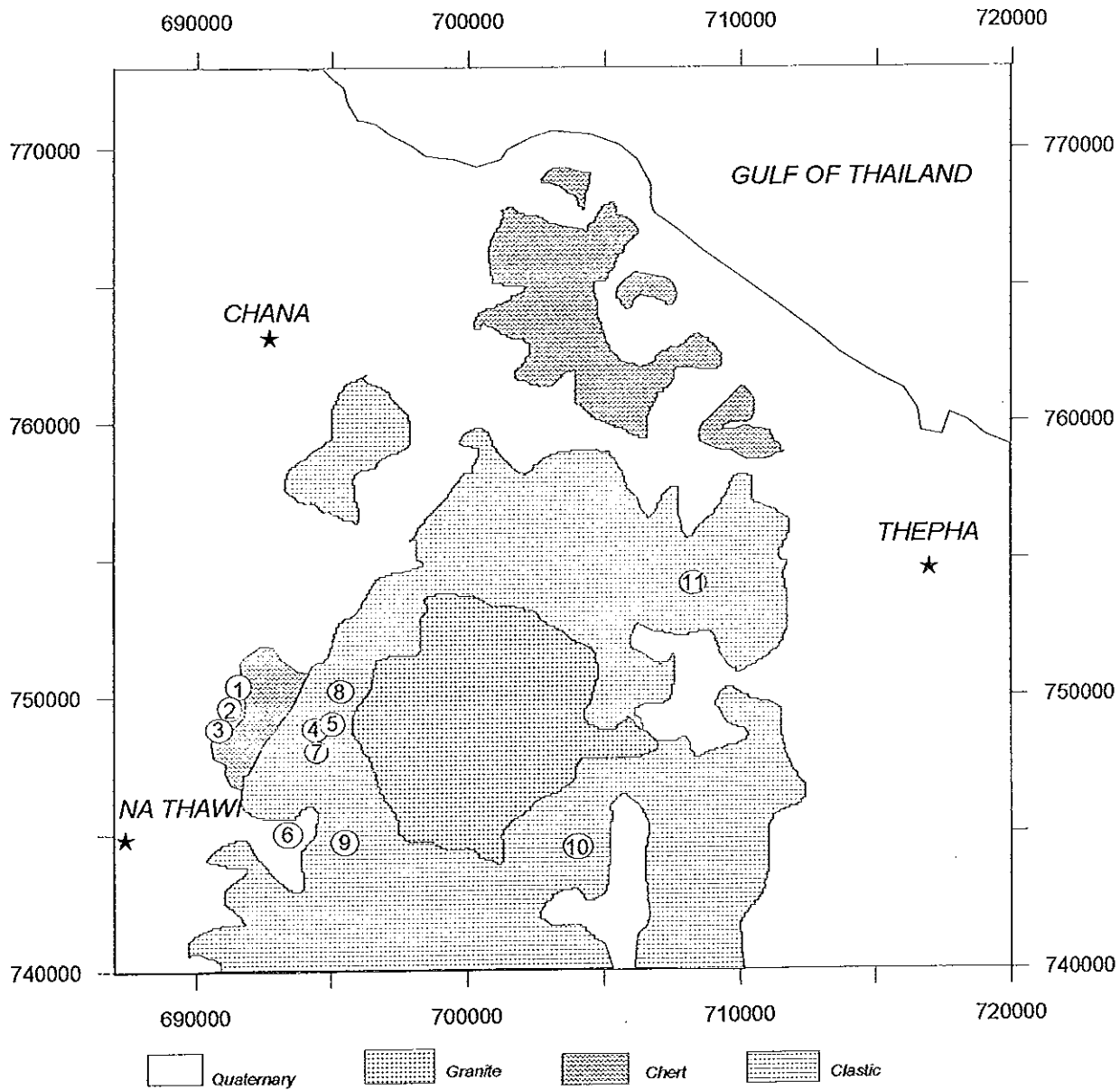
ธงชัย พึ่งรัมย์ (2535) รายงานว่าจังหวัดสงขลามีผลผลิตแร่ดีบุกจัดอยู่ใน 10 อันดับ
แรกของประเทศ บริเวณที่มีการทำแร่ดีบุกในจังหวัดสงขลามากที่สุดคือบริเวณเทือกแกรนิต
ลิวหรือพลูตอนลิว ซึ่งผลิตได้คิดเป็นร้อยละ 35 ของผลผลิตแร่ดีบุกในจังหวัดสงขลา ผล
ผลิตของแร่ดีบุกและพลูแฟรมในปี พ.ศ. 2518-2534 จำนวน 6,406 เมตริกตัน หรือ 106,766
หาบ และมีมูลค่าไม่น้อยกว่าหนึ่งพันล้านบาท เหมืองแร่ดีบุกในบริเวณพลูตอนลิว
ผลิตแร่จากแหล่งแร่ดีบุกที่เกิดแบบหุติยภูมิที่เรียกว่าลานแร่ลุ่มน้ำ (alluvial placer) และแบบ
ปฐมภูมิ ที่เรียกว่าทางแร่หรือสายแร่ แหล่งลานแร่ดีบุกบริเวณตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออก
เฉียงใต้ของพลูตอนลิว เกิดจากการสะสมของแร่ดีบุกที่หลุดจากสายแร่ควอร์ตซ์ที่แทรกซอน
ทั้งในหินแกรนิตส่วนบนของพลูตอนลิว และหินตะกอนหินท้องที่ดั้งเดิมซึ่งถูกพลูตอนดัน
แทรก การผุพัง-กัดกร่อน ซึ่งกระทำต่อหินในบริเวณนี้เป็นระยะเวลาอันยาวนาน แร่ดีบุกถูก
พัดพาสะสมในบริเวณธารน้ำในอดีตกาล หรือธารน้ำเก่าปะปนในชั้นทราย-กรวด-ก้อนหินมน
เล็ก-ใหญ่ สลับกับทรายแป้งและดินเหนียว เป็นรูปเลนส์ สะสมตามกระบวนการกัดกร่อนของ
น้ำ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าแหล่งแร่อยู่ห่างจากพลูตอนเป็นระยะทางประมาณ 1-5
กิโลเมตร นอกจากจะมีแหล่งแร่ดีบุกแบบลานแร่ยังมีแหล่งจากทางแร่ ซึ่งเป็นแหล่งแร่แบบ
น้ำร้อน(hydrothermal) โดยแร่ดีบุกเกิดอยู่ในสายแร่ควอร์ตซ์แทรกขึ้นมาในหินตะกอน จาก
การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าบริเวณด้านตะวันตกของพลูตอนลิวมีการพบแหล่งแร่ดีบุกมากที่สุด
(ภาพประกอบ 8) แหล่งแร่แบบน้ำร้อน เกิดขึ้นได้โดยการที่น้ำแร่เข้าไปบรรจุตามช่องว่าง
โพรงหรือรอยแตก (open-cavity or fissure filling) และโดยการแทนที่หินในบริเวณที่มีรอย
แตก(replacement) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงในหินเดิม ดังนั้นจึงเป็นแหล่งแร่ที่กำลังกำเนิดขึ้น
ภายหลังหินที่ล้อมรอบ(epigenetic deposit) ลักษณะทั่วไปเป็นสาย (vein)

ธงชัย พึ่งรัมย์(2527) ได้อธิบายไว้ว่าแหล่งแร่แบบน้ำร้อน มีอุณหภูมิของการ
เกิดระหว่าง 500-50 องศาเซลเซียส และความดันประมาณ 10 กิโลเมตรถึงระดับความดันใกล้
ผิวโลก

เนื่องจากหินแกรนิตเป็นต้นกำเนิดของแร่ดีบุก ดังนั้นการทราบขอบเขตที่แน่นอน
ของพลูตอนลิว จะทำให้สามารถประเมินตำแหน่งสะสมตัวของแหล่งแร่ดีบุกได้ถูกต้องได้
เคยมีการศึกษาแกรนิตพลูตอนมาแล้วหลายวิธี ได้แก่การศึกษา ทางด้านธรณีวิทยา

(ธงชัย พึ่งรัมย์, 2535) การบินวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีทาง อากาศ การบินสำรวจความ

ภาพประกอบ 8 ตำแหน่งเหมืองแร่
(ที่มา : ธงชัย ฟุ้งรัมย์, 2535)



- | | |
|----------------------------------|-----------------------|
| ① เหมืองแร่ควนเส้ง | ⑦ เหมืองแร่กัจจอง |
| ② เหมืององค์การเหมืองแร่-ควนเส้ง | ⑧ เหมืองแร่สิริอนันต์ |
| ③ เหมืองแร่ควนกรด | ⑨ เหมืองแร่สาผล |
| ④ เหมืององค์การเหมืองแร่-ลิว | ⑩ เหมืองแร่วังใหญ่ |
| ⑤ เหมืองแร่บิณฑ์และบุตร | ⑪ เหมืองแร่เกาะสะบ้า |
| ⑥ เหมืองแร่ไพศาลนาหวี | |

เข้รวมของสนามแม่เหล็กโลก(กรมทรัพยากรธรณี,2532) พบว่าสามารถกำหนดขอบเขตของ
พลูตอนในแนวราบได้

Bott and Smithson(1967) กล่าวว่าเนื่องจากหินแกรนิตมีความหนาแน่นแตกต่างจาก
หินอื่นๆโดยทั่วไป จึงทำให้เกิดค่าผิดปกติของความถ่วงในขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่ซึ่งนำ
ไปอธิบายเพื่อประมาณขนาดรูปร่างได้ จากค่าผิดปกติของความถ่วงจะทำให้ทราบถึงแกรนิต
ลึกลงไปอีก 10 กิโลเมตร ซึ่งเฉลี่ย 1 ใน 3 ของชั้นความหนาของชั้นเปลือกโลก คุณสมบัติ
ของแกรนิต มีส่วนประกอบภายในแข็งแรง มีความหนาแน่นต่างๆมากมาย การแปลผลค่าผิด
ปกติของความถ่วงพบว่า แกรนิตพลูตอนขนาดใหญ่บางส่วนหนา บางส่วนบาง บางส่วนสัมผัส
พันธุอยู่กับหินที่มีธาตุเหล็กและแมกนีเซียมประกอบอยู่ การแปลผลค่าผิดปกติของความถ่วงมี
ความจำเป็นสำหรับการศึกษาโครงสร้างหินและปริมาณของหินได้

สำหรับการศึกษาทางด้านความถ่วง เพื่อกำหนดขอบเขตหินแกรนิตแทรกซอน
(intrusion granite) นั้นได้เคยมีการศึกษามาก่อนแล้วเช่น

Enmark (1980) ได้ศึกษาแกรนิตบริเวณอาร์วิดจาร์(Arvidsjaur) ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือ
ของประเทศสวีเดน ลักษณะพื้นผิวทางธรณีวิทยาของบริเวณนี้เป็นตะกอนภูเขาไฟและหิน
แกรนิต หินตะกอนบริเวณอาร์วิดจาร์มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูง จึงเป็นไปได้ที่จะใช้
แผนที่การบินสำรวจความเข้มสนามแม่เหล็กโลกในการกำหนดขอบเขตระหว่างหินตะกอน
ภูเขาไฟและหินแกรนิต และกำหนดความลึก จากการศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยา พบว่ามี
เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 25 กิโลเมตรและมีหินแกรนิตอยู่ตรงกลางของโครงสร้างนี้ รูปร่าง
ของหินแกรนิตมีลักษณะคล้ายภาชนะอ่างและมีรอยเลื่อนในลักษณะตรงลงไป แต่จากการศึกษา
ข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์ได้แก่การวัดค่าความถ่วง ความเข้มสนามแม่เหล็กโลกและศิลา
ฟิสิกส์พบว่าแกรนิตมีความลึกบริเวณศูนย์กลางมากกว่า มีรูปร่างตรงลงไปและยังสามารถกำ
หนดรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นอยู่ในแนวเฉียงและอยู่ห่างไปจากตำแหน่งเดิมประมาณ 2-3 กิโลเมตร

Enmark and Parasnis(1980) ศึกษาโครงสร้างบริเวณเจอร์นบัสตุแทรค (Jorn-
Bastutrask) ซึ่งอยู่ทางเหนือของสวีเดน บริเวณนี้มีแกรนิต 2 ชนิดคือแกรนิตเจอร์น(Jorn
Granite) มีความหนาแน่น 2680 kg/m^3 แกรนิตรีปซัน(Revsund Granite) มีความหนาแน่น
 2660 kg/m^3 โดยแกรนิตเจอร์นมีอายุมากกว่าแกรนิตรีปซัน โครงสร้างทางธรณีวิทยาในพื้นที่
นี้มีความลึกมากกว่า 200-300 เมตร จากการศึกษาข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์โดยการวัดค่าความ
ถ่วงและนำมาสร้างแบบจำลองของแกรนิตมีทั้งหมด 4 แบบซึ่งสอดคล้องกับแบบจำลองที่ได้
จากการศึกษาข้อมูลทางธรณีวิทยา

Al-Rawi and Brooks(1992) ได้ศึกษาความลึกของชั้นเปลือกโลก ซึ่งอยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศอังกฤษ หินตะกอนภูเขาไฟบริเวณนี้มีอายุมหายุคพาลีโอโซอิก มีหินแกรนิตพลูตอนยุคปลายของคาร์บอนิเฟอรัสซึ่งมีลักษณะแคบและลึกเกิดจากมวลหินอัคนีมวลไพศาล(batholith) แทรกคั่นตัวขึ้นมาในตะกอนนี้ คาดหมายว่าหินแกรนิตนี้หนาประมาณ 10-15 กิโลเมตร อยู่ลึกประมาณ 13-15 กิโลเมตร จากการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์โดยการวัดค่าความถ่วงและความเข้มสนามแม่เหล็กโลกพบว่ามีความหนาประมาณ 6 กิโลเมตร และอยู่ลึก 24-30 กิโลเมตร

Enmark and Nisca(1982) ได้ศึกษาบริเวณแกรนิตเกลลีจาร์ (Gallejaur granite) ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศสวีเดน จากข้อมูลทางธรณีวิทยาบริเวณแกรนิตเกลลีจาร์นี้ หินแกรนิตจัดอยู่ในมหายุคพรีแคมเบรียน รูปร่างค่อนข้างกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-12 กิโลเมตร รอบๆแกรนิตเกลลีจาร์เป็นหินแกรบโบรเรียกว่า เกลลีจาร์แกรบโบร(Gallejaur gabbro) จากการศึกษาทางธรณีวิทยาแสดงว่าแกรนิตมีความลึกประมาณ 1 กิโลเมตร มีหินภูเขาไฟชนิดเบสิก(basic volcanics) เป็นฐานมารองรับหินแกรนิตนี้สำหรับด้านข้างลึกลงไปใต้ดินเป็นหินภูเขาไฟชนิดไรโอลิติก-แอนดีซิติก(Rhyolitic-andesitic volcanics) จากการศึกษาทางด้านธรณีฟิสิกส์ได้แก่การวัดความถ่วงและความเข้มสนามแม่เหล็กโลก และการสร้างแบบจำลองพบว่ามีความหนาแน่นคล้ายกับแบบจำลองของข้อมูลทางธรณีวิทยา กล่าวคือมีลักษณะเป็นรูปเห็คขนาดใหญ่ มีแร่เหล็กและแมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ส่วนสูงที่สุดมีลักษณะเป็นรูปหมวกแวกๆมีแร่โมโนโซอิกเป็นส่วนประกอบ ความลึกมากที่สุดของโครงสร้างนี้ประมาณ 3.5-4.5 กิโลเมตร แกรนิตอยู่ในระดับตื้นคือลึกประมาณ 250 เมตร มีหินภูเขาไฟชนิดเบสิก(basic volcanics) และมีหินไรโอลิติก-แอนดีซิติกมารองรับเป็นฐานอีกชั้นหนึ่งและต่อลึกลงไปข้างใต้

Enmark et al.(1980) ได้ศึกษาหินแกรบโบร ซึ่งอยู่ใกล้เมือง โบเดน(Boden) ทางตอนเหนือของประเทศสวีเดน มีลักษณะโครงสร้างเป็นรูปไข่ครอบคลุมเนื้อที่ประมาณ 20 ตารางกิโลเมตรส่วนนอกสุดเป็นนอไรต์(morite) ซึ่งเชื่อมต่อกับตะกอนอายุมากและหินแกรนิตอายุมาก ในหินนอไรต์พบแร่แมกนีไทต์ ถัดจากนอไรต์เข้าไปเป็นแกรบโบรซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวนถัดจากแกรบโบรเข้าไปเป็น leuco gabbro-olivine gabbro จากการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์โดยการวัดค่าความถ่วงและความเข้มสนามแม่เหล็กโลกพบว่าโครงสร้างนี้มีลักษณะเป็นกรวยหรือปล่องลงไป และมีความลึกประมาณ 2 กิโลเมตร

นอกจากนี้การบ่งชี้ปริมาณกัมมันตภาพรังสีก็เป็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งสามารถใช้กำหนดขอบเขตของแกรนิตดังกล่าวต่อไปนี้

Tulyatid(1992) ได้ศึกษาบริเวณหัวหิน-ปราณบุรี ซึ่งอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย ห่างจากกรุงเทพประมาณ 170-230 กิโลเมตร อยู่ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์และเพชรบุรี ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยหินแปรและหินแกรนิต มีหินตะกอนอายุ Silurian-Permian วางอยู่บนหินตะกอนยุคไทรแอสซิกและมหายุคพรีแคมเบรียน หินแกรนิตแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ หินแกรนิตที่แปรไปเป็นหินไนส์ซึ่งมีลักษณะเป็นริ้วขนาน(foliated granite) และแกรนิตที่มีลักษณะไม่เป็นริ้วขนาน(non foliated granite) หินแกรนิตที่มีลักษณะเป็นริ้วขนานมี 3 กลุ่มคือ กลุ่มหุบกะพง(Hub kapong) กลุ่มหัวหิน(Hua Him)และกลุ่มปราณบุรี (Pran Buri) กลุ่มหัวหินและหุบกะพงเป็นชนิด S-type กลุ่มปราณบุรีเป็นชนิด I-type ส่วนหินแกรนิตที่มีลักษณะไม่เป็นริ้วขนานอยู่ทางตะวันตกของแกรนิตฟลูตอน เกิดขึ้นจากลำหินอัคนีขนาดเล็ก(stock) รอยเลื่อนในแนว N-S ปรากฏอยู่ทางด้านขวาของพื้นที่ศึกษา ซึ่งอาจเกิดจากเกิดรอยแตกของรอยเลื่อน ระยะของ-คลองมะรุ่ยและรอยเลื่อนพาโคคา แหล่งแร่สัมพัทธ์อยู่กับหินแกรนิตที่มีลักษณะไม่เป็นริ้วขนาน พบอยู่ทางตะวันตกเฉียงเหนือ เช่นคีนุกและทังสเดนที่ขอบของฟลูตอนหุบกะพง นอกจากนี้ข้อมูลความเข้มข้นแม่เหล็ก ได้แสดงรอยเลื่อน คือปรากฏความเข้มข้นแม่เหล็กผิดปกติเล็กๆไปตามยาวรอยเลื่อนในแนว N-S การเปลี่ยนแปลงสภาพแบบน้ำร้อน (hydrothermal alteration) ทำให้มีปริมาณ K สูง บริเวณที่ K สูงจะมี U และ Th ปริมาณต่ำถึงปานกลาง อัตราส่วนของ eTh/K ต่ำมากและเป็นไปได้ว่า eU/eTh มีปริมาณปานกลางถึงสูง ผลการศึกษานี้เชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำร้อนสัมพันธ์กับแกรนิตลิวโกทางตอนเหนือของฟลูตอนหุบกะพง ซึ่งมีศักยภาพสูงในการเกิดแร่ ผลจากการศึกษาข้อมูลรังสีสามารถจำแนกเฟสของหินแกรนิตได้ และพบว่าแหล่งแร่สัมพัทธ์กับแกรนิตที่มีลักษณะไม่เป็นริ้วขนาน และนอกจากสามารถจำแนกความแตกต่างในหินแกรนิตแล้วยังสามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างมีแร่และไม่มีแร่ได้ด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาขอบเขตของฟลูตอนลิวโก ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแร่คีนุกและแร่ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจอื่น ๆ โดยวิธีการวัดค่าความถ่วง
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาโดยวิธีวัดค่าความถ่วงกับวิธีวัดกัมมันตภาพรังสี

วิธีสนามแม่เหล็กโลก และธรณีวิทยา

3. เพื่อปรับปรุงข้อมูลด้านธรณีวิทยาของพื้นที่ที่ทำการศึกษา

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

การวิจัยเพื่อศึกษาพฤติกรรมของ บริเวณจังหวัดสงขลา โดยใช้วิธีทางธรณีฟิสิกส์ต้อง
ใช้วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาพฤติกรรมของ บริเวณจังหวัดสงขลา โดยใช้วิธีทางธรณี
ฟิสิกส์ จะแบ่งตามหัวข้อที่ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

1. วัสดุที่ต้องใช้สำหรับศึกษาความหนาแน่นของหิน ประกอบไปด้วยสิ่งดังต่อไปนี้

- 1.1 หินตัวอย่างซึ่งเก็บมาจากพื้นที่ที่ทำการศึกษา มีมวลประมาณ 2 กิโลกรัม
- 1.2 น้ำเปล่าสำหรับการใช้ในการแช่หินจากข้อ 1.1.1 เพื่อให้หินอิ่มตัวด้วยน้ำ

2. วัสดุที่ต้องใช้สำหรับศึกษาค่าความถ่วง ประกอบไปด้วยสิ่งต่อไปนี้

- 2.1 เชือกพลาสติกฟางยาวประมาณ 5 นิ้วฟุต
- 2.2 สีนํ้ามัน / สีพลาสติก (สีแดงและสีขาว)
- 2.3 ฝานวน้ำอัดลม
- 2.4 ตะปูขนาด 3 นิ้วฟุต ซึ่งมีฝาน้ำอัดลมและเชือกพลาสติกฟางติดอยู่ เพื่อใช้เป็น

สัญลักษณ์แสดงตำแหน่ง ที่ทำการวัดค่าความถ่วงและความสูง

2.5 ท่อนไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-1 นิ้วยาวประมาณ 12-15 นิ้ว ซึ่งเขียน
รหัสตำแหน่งติดไว้เพื่อใช้เป็นสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งที่ทำการวัดค่าความถ่วงและความสูง

3 วัสดุที่ต้องใช้สำหรับศึกษาความสูงของพื้นที่ที่ทำการศึกษา เนื่องจากการศึกษาความสูงอยู่
ที่ตำแหน่งเดียวกับการศึกษาค่าความถ่วง ดังนั้นจึงใช้วัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาค่าความถ่วง
นั่นเอง

ฝ่ายหอสมุด
ศูนย์หนังสือ อรรถการวิสุนทร

4 วัสดุที่ต้องใช้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณ eU, eTh และ K ประกอบไปด้วย

4.1 หินตัวอย่างซึ่งเก็บมาจากพื้นที่ที่ทำการศึกษา มีมวลประมาณ 20 กรัม

4.2 ถ้วยพลาสติก สำหรับใส่หินตัวอย่างและสารมาตรฐานที่บดแล้วในข้อ 1.4.1 ซึ่งเขียนรหัสแสดงตำแหน่งที่ทำการเก็บหินตัวอย่างข้างถ้วยไว้เรียบร้อยแล้ว

4.3 สารมาตรฐานรหัส RG K-1, RG Th-1 และ RG U-1

4.4 ธาตุกัมมันตรังสีตัวอย่าง ในที่นี้ใช้ Co-60

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ โดยแบ่งตามหัวข้อการศึกษา ได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการศึกษาความหนาแน่นของหิน ประกอบไปด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.1 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ยี่ห้อ METTLER รุ่น BB3000 ซึ่งสามารถชั่งมวลได้ขนาดไม่เกิน 3000 g สามารถคัดแปลงให้ชั่งมวลของวัตถุในน้ำได้โดยมีตะขอสําหรับเกี่ยวสายแรกที่ใส่ตัวอย่างซึ่งในขณะเดียวกันก็แช่อยู่ในภาชนะบรรจุน้ำ

1.2 ภาชนะบรรจุน้ำขนาด 16 ลิตร

1.3 เตาอบไฟฟ้าผลิตโดยบริษัท GmbH Co.KG 8540 Schwabach W-Germany ยี่ห้อ Memmert รุ่น Um400 เพื่อใช้อบไล่ความชื้นออกจากตัวอย่างหิน ซึ่งสามารถเลือกอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 30- 230 องศาเซลเซียส และสามารถตั้งเวลาได้

1.4 ผ้าสำหรับใช้ซับให้ผิวของหินตัวอย่างแห้ง หลังจากที่ยกขึ้นจากน้ำแช่น้ำอยู่ประมาณ 12 ชั่วโมง

1.5 ฝ่อนสำหรับใช้เคาะหินจากก้อนมวลขนาดใหญ่ ณ ตำแหน่งที่เก็บ เพื่อนํามาเป็นตัวอย่างวัดความหนาแน่น

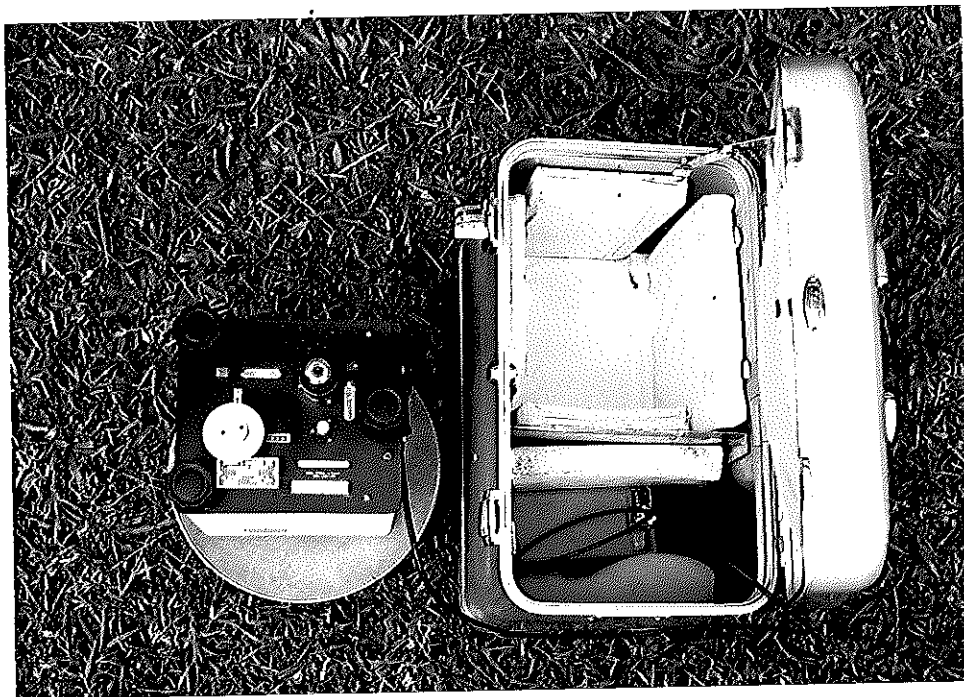
1.6 สกัด สำหรับเจาะหินออกจากก้อนมวลขนาดใหญ่

2. อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้สำหรับวัดค่าความถ่วง

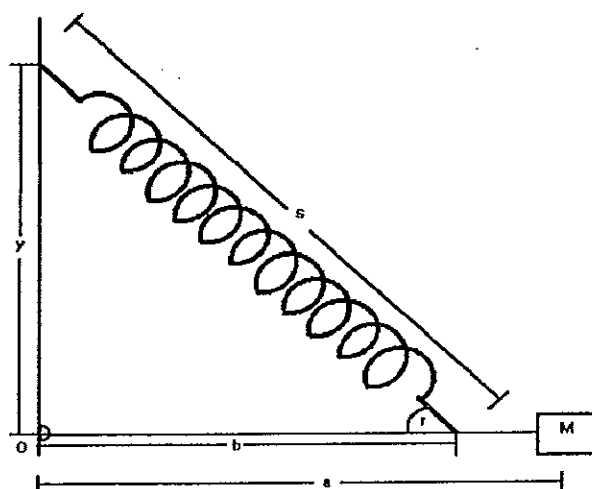
2.1 เครื่องแกรวิตีมิเตอร์ (gravity meter) แบบไมโครโปรเซสเซอร์และคอมพิวเตอร์ (Lacoste and Romberg) มีความแม่นยำถึง 0.01 มิลลิเกด เพื่อใช้วัดค่าความถ่วงสัมพัทธ์

ระหว่างจุดวัด ผลิตโดยบริษัท Lacoste & Romberge, inc. Austin, Texan, U.S.A. รุ่น G-490 (ภาพประกอบ 9) ซึ่งมีโครงสร้างภายในประกอบด้วยก้อนมวลติดอยู่ที่ปลายของคานอันหนึ่ง คานนี้ถูกค้ำด้วยสปริงให้อยู่ในแนวระดับโดยประมาณ โดยที่ปลายอีกด้านหนึ่งของคานแตะกับกรอบและทำหน้าที่เป็นจุดหมุน เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแรงเนื่องจากความถ่วงที่กระทำต่อก้อนมวล คานจะเคลื่อนที่ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนมุมระหว่างคานกับสปริง นั่นคือเกิด การเปลี่ยนโมเมนต์ของสปริงที่ค้ำคาน ทำให้คานเคลื่อนที่มากขึ้นไปอีก เป็นการเพิ่มปริมาณ กระจัดให้แก่คานเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วง (ภาพประกอบ 10)

ภาพประกอบ 9 แก้ววัดมิเตอร์แบบลาออสท์และรอมเบิร์ก



ภาพประกอบ 10 เค้าโครงของแกรวิติมิเตอร์แบบลาออสท์และรอมเบิร์ต



(ที่มา : กิตติชัย วัฒนานิก, 2524.)

$k(s-z)$ แทนแรงดึงของสปริง

k แทนค่าคงที่ของสปริง

s แทนความยาวของสปริงเมื่อมีแรงภายนอกกระทำ

z แทนความยาวของสปริงเมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำ

เขียนแทนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Mga = k(s-z)b \sin r$$

2.2 แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ระวัง อำเภอเทพา 5122 I อำเภอสะบ้าย้อย 5122 II อำเภอนาหวี 5122 III และอำเภอจะนะ 5122 IV เพื่อใช้สำหรับการศึกษาลักษณะภูมิประเทศและเส้นทางที่เข้าไปทำการศึกษาในครั้งนี้

2.3 นาฬิกาใช้สำหรับอ่านเวลาขณะที่ทำการวัดค่าความถ่วง เพื่อนำไปปรับแก้ไขค่าคริฟท์

2.4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้วิเคราะห์ค่าความถ่วง

2.4.1 โปรแกรมกราฟเฟอร์ (Grapher) เวอร์ชัน 1.79 สำหรับเขียนกราฟ

2.4.2 โปรแกรมเซอร์เฟอร์ (Surfer) เวอร์ชัน 4.13 สำหรับเขียนคอนทัวร์ค่าความ

ถ่วง ความลึก กัมมันตภาพรังสีและสนามแม่เหล็กโลก

2.4.3 โปรแกรม GMM(gravity magnetic modeling) version 1.31 สำหรับสร้างแบบจำลองวัตถุผิดปกติใต้ผิวโลก ซึ่งก่อให้เกิดค่าผิดปกติของความถ่วงและค่าผิดปกติของ

สนามแม่เหล็กโลกรวม

2.4.4 โพรแกรมโลตัส 1-2-3 (lotus 1-2-3) สำหรับประมวลข้อมูลความถ่วงและอื่นๆ

3. อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ ในการศึกษาความสูงของจุดวัด ประกอบไปด้วยรายการดังต่อไปนี้

3.1 มาตรฐานระดับความสูง(Altimeter) ประเภทความดันบรรยากาศสำหรับวัดระดับความสูงของจุดวัดค่าความถ่วงเพื่อนำมาปรับแก้ค่าความถ่วง ผลิตใน U.S.A. โดยบริษัท American Paulin system, Los Angles, California รุ่น M-2, 10,000 feet, 2-feet

ภาพประกอบ 11 มาตรฐานระดับความสูงชนิดความดัน



3.2 แผนที่ภูมิประเทศในสเกล 1: 50,000 ซึ่งแสดงเส้นทางคมนาคมซึ่งใช้ร่วมกับแผนที่ภูมิประเทศที่ใช้ศึกษาความถ่วงเนื่องจากจุดวัดเดียวกัน

3.3 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของบรรยากาศขณะที่ทำการวัด

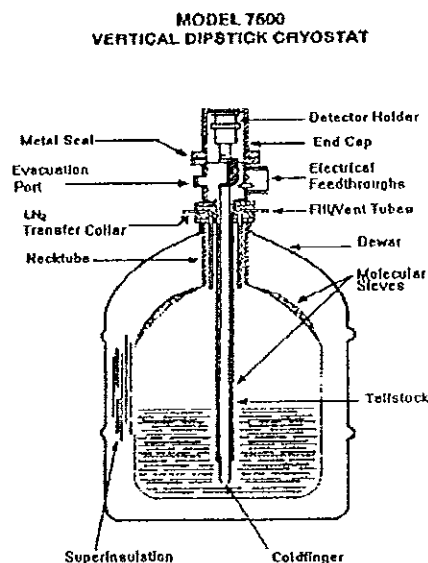
3.4 นาฬิกาสำหรับอ่านเวลาที่ทำการวัด

4. อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการศึกษาความเข้มรังสี มีดังต่อไปนี้

4.1 อุปกรณ์ ที่จำเป็นต้องใช้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณ eU ,eTh และ K ประกอบด้วย รายการดังต่อไปนี้

4.1.1 หัววัดรังสีแบบเยอรมาเนียมบริสุทธิ์ (High purity Ge :HPGe) เป็นอุปกรณ์ สำหรับตรวจจับรังสี รุ่น Ge1319 เส้นผ่าศูนย์กลาง 44.5 มม. ความยาว 40.5 mm ปริมาตรหัว วัด (Active Volume) 59.5 cm³ หัววัดเป็นรูปแบบร่วมแกนปลายปิด (closed ended coaxial) ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ 13% FWHM ที่ 1.33 MeV เป็น 1.75 keV พร้อม Cryostat รุ่น 7500 (vertical dipstick cryostat)

ภาพประกอบ 12 แก้วโครงหัววัดเยอรมาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe)



(ที่มา : Germanium detector User's Manual)

4.1.2 เครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง(เอ็มซีเอ) ทำงานที่ 4,000 โวลต์ ผลิต

โดยบริษัท Canberra Industries, Inc., ยี่ห้อ Canberra รุ่น Series 35 plus

4.1.3 หน่วยจ่ายไฟฟ้ากำลังสูง Canberra รุ่น 4261A

4.1.4 เครื่องขยายสัญญาณ

4.1.5 เครื่องคอมพิวเตอร์และแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล

4.1.6 โปรแกรม PC UTIL สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

4.1.7 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง

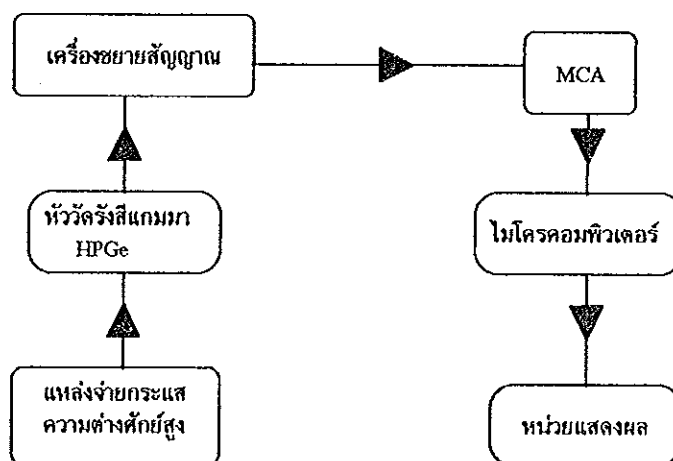
4.1.8 เครื่องซังหินตัวอย่าง

4.1.9 เครื่องบดหิน ยี่ห้อ Denver Equipment ผลิตโดยบริษัท Joy Manufacturing

U.S.A.

4.1.10 ผ้าเทปพันสายไฟ

ภาพประกอบ 13 การต่ออุปกรณ์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุกัมมันตรังสี



4.2 ข้อมูลรังสีจากการบินสำรวจได้แก่ โพแทสเซียม (K) ยูเรเนียมสมมูล (eU) และ ทอเรียมสมมูล (eTh) ของกรมทรัพยากรธรณีปี พ.ศ. 2532 ซึ่งถูกบันทึกลงในแผ่นบันทึกข้อมูลแม่เหล็ก

4.3 แผนที่ความเข้มข้นกัมมันตภาพรังสีในสเกล 1:250,000 (กรมทรัพยากรธรณี, 2532)

5. อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการศึกษาสนามแม่เหล็ก มีดังต่อไปนี้

5.1 ข้อมูลแม่เหล็กจากการบินสำรวจที่ระยะ 400 ฟุต และ 5,000 ฟุต จากระดับน้ำปานกลางของกรมทรัพยากรธรณี ปี พ.ศ. 2532 ซึ่งบันทึกไว้ในแผ่นบันทึกข้อมูลแม่เหล็ก

5.2 แผนที่แม่เหล็ก (survey C) สเกล 1: 50,000 ระวัง อำเภอเทพา 5122 I อำเภอ

สื่บ้ำย้อย 5122 II อำเภอนาหวี 5122 III และอำเภोजะนะ 5122 IV

5.3 แผนทีแม่เหล็ก (survey A) สเกล 1:50,000 ระวางอำเภอทพ 5122 I อำเภอสื่บ้ำย้อย 5122 II อำเภอนาหวี 5122 III และอำเภोजะนะ 5122 IV

5.4 แกดปามีเตอร์(kapameter)ผลิตโดยบริษัท Geofyzika Brno,Czecholovakla รุ่น KT-5 สำหรับวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (magnetic susceptibility) ของหินโคล่

ภาพประกอบ 14 แกดปามีเตอร์ KT-5



วิธีดำเนินการ

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่งการศึกษออกเป็น 2 ตอนด้วยกันคือ

ตอนที่ 1 การศึกษาในภาคสนาม

ตอนที่ 2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ตอนที่ 1 การศึกษาในภาคสนาม

การศึกษาวิจัยทางธรณีสัณฐานประกอบด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษาวิจัย และการวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ การศึกษาในภาคสนามมีการดำเนินการดังนี้คือ

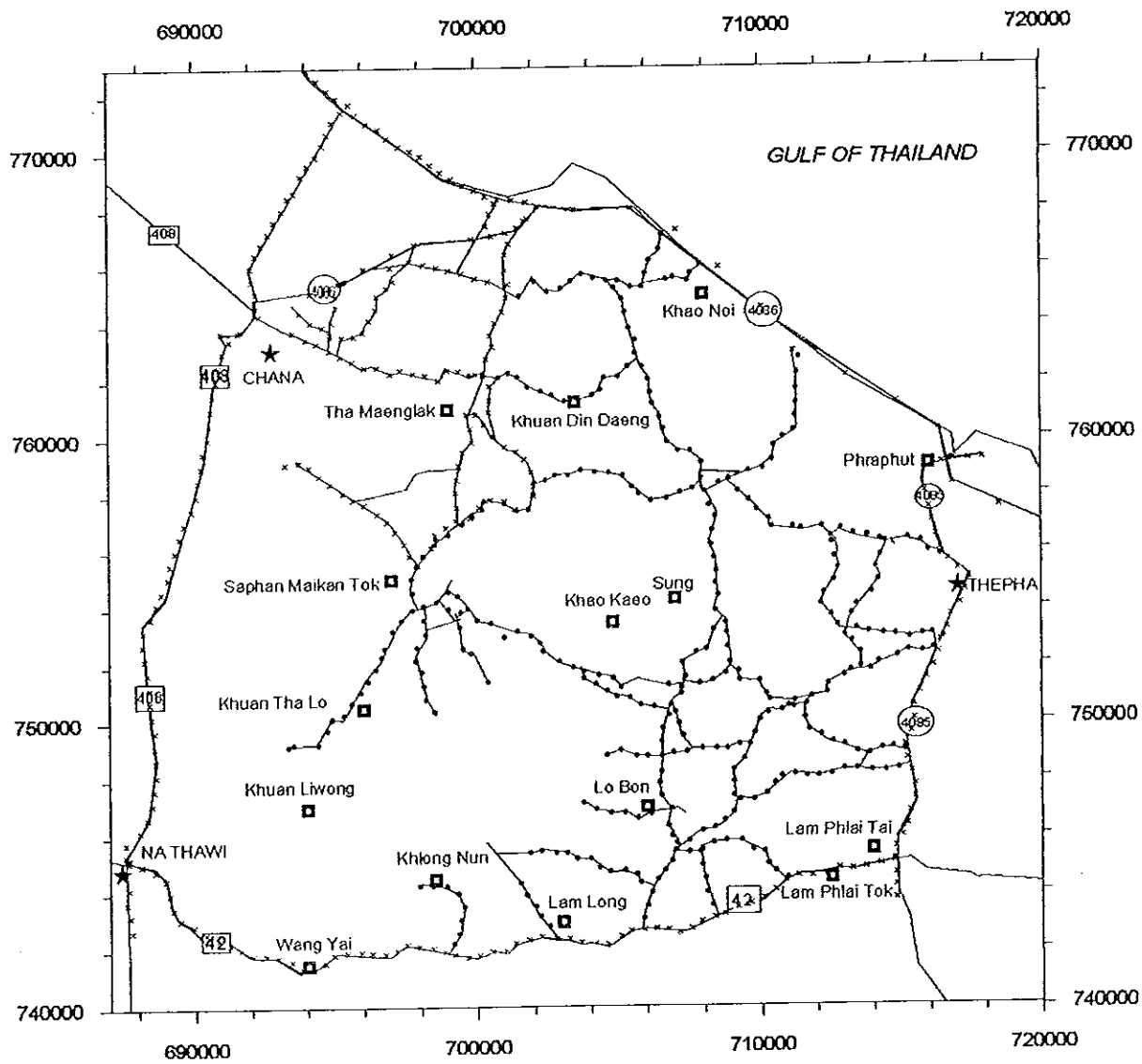
1. วางแผนและกำหนดจุดวัดค่าความถ่วง และค่าความสูงลงบนแผนที่ภูมิประเทศตามเส้นทางคมนาคมที่มีอยู่เดิมในพื้นที่ศึกษา การศึกษานี้ได้กำหนดให้ระยะห่างระหว่างจุดวัดเท่ากับ 500 เมตรได้จำนวนจุดวัดรวม 352 จุดและมีข้อมูลเดิมบางส่วนระยะห่างระหว่างจุดวัดเท่ากับ 0.5 กิโลเมตร และ 2 กิโลเมตร (Lohawijarn, 1992) อีก 335 จุด รวมจุดวัดทั้งหมด 687 จุด ดังภาพประกอบ 15

2. วางเครื่องแกรวิติมิเตอร์ลงบนจานรอง ณ จุดวัด แล้วปรับให้เครื่องมืออยู่ในระดับ ทั้งนี้โดยการปรับให้ลูกน้ำระดับทั้ง 2 ตำแหน่งอยู่ตรงกึ่งกลาง ปลอยตัวจับยึด (clamp) ที่เครื่องมือ จากนั้นหมุนให้ตำแหน่งของเข็มบนหน้าปัทม์ไปอยู่ ณ ตำแหน่ง reading line แล้วอ่านข้อมูลบนหน้าปัทม์และบันทึกผลเป็น $g(\text{read})$ เสร็จแล้วหมุนตัวจับยึดกลับที่เดิมเพื่อยึดกลไกต่าง ๆ ของแกรวิติมิเตอร์ไว้เพื่อป้องกันการกระแทก และนำเครื่องมือไปเก็บไว้ในกล่องสำหรับบรรจุเพื่อป้องกันการกระแทกก่อนไปทำการบันทึกจุดวัดอื่นต่อไปทั้งนี้การกำหนดจุดวัดต่อไปใช้วิธีการวัดระยะทางบนหน้าปัทม์ยานพาหนะ ซึ่งระยะทางที่ใช้ 500 เมตร

3. วัดระดับความสูงของจุดวัด โดยการวางมาตรระดับความสูงบนจานรองที่ใช้วางเครื่องแกรวิติมิเตอร์ในข้อ 2 ปรับเครื่องมือให้อยู่ในระดับ เสร็จแล้วอ่านสเกลบนหน้าปัทม์บันทึกผลเป็น Height ในหน่วยฟุตเสร็จแล้วเก็บอุปกรณ์เข้าที่

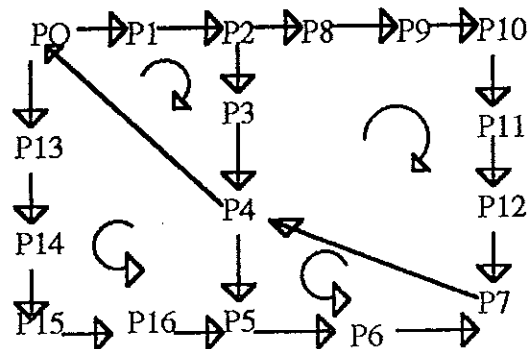
4. เมื่อดำเนินการข้อ 2 และ 3 เสร็จแล้ว จากนั้นก็บันทึกเวลา และอุณหภูมิของบรรยากาศเป็นองศาเซลเซียส โดยกำหนดให้จุดแรกเป็นสถานีฐาน ทำซ้ำข้อ 2,3,4 สำหรับทุก ๆ จุดวัด แล้ววนกลับไปทำที่สถานีฐานอีกครั้งในช่วงเวลาไม่เกิน 2 หรือ 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการวัดในวงรอบใหม่โดยใช้จุดใดจุดหนึ่งในวงรอบแรกเป็นสถานีฐานทำการวัดจุดต่าง ๆ

ภาพประกอบ 15 ตำแหน่งวัดความถ่วงและความสูง



แล้วกลับมาวัดที่สถานีฐานนี้อีกครั้งทำเช่นเดียวกันนี้ในวงรอบอื่นๆ ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 16 และตัวอย่างการบันทึกข้อมูลเป็นดังตาราง 1

ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างวงรอบของการวัดความถี่และความสูง



ตาราง 1 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลความถี่และความสูงในภาคสนาม

จุดวัด	เวลา (hr:min)	ค่า g ที่อ่าน	ความสูง (ft)	อุณหภูมิ. (°c)
P0	0917	1643.570	126	32
P1	0939	1642.400	122	31
P2	0954	1639.920	146	33
P3	1008	1638.510	144	32.5
P4	1022	1635.260	190	32.5
P5	1037	1634.320	216	32.5
P6	1049	1637.760	232	32.5
P7	1104	1623.710	268	33.5
P8	1121	1629.460	296	34.2
P0	1138	1643.520	142	33.5

5. วัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กด้วยแคปปามีเตอร์ (Kappameter) ณ บริเวณที่มีมวล หินโคลงขนาดใหญ่โดย

5.1 กดสวิตช์ ON/OFF ด้านใต้ของเครื่องมือเพื่อเปิดเครื่องดังในภาพประกอบ

17

5.2 หันหน้าปัทม์ของเครื่องมือไปในทิศทางที่ไม่มีมวลหินกดสวิตช์ C/M ซึ่งอยู่ด้านข้างของเครื่องมือเพื่อให้เครื่องมือพร้อมที่จะบันทึกข้อมูล

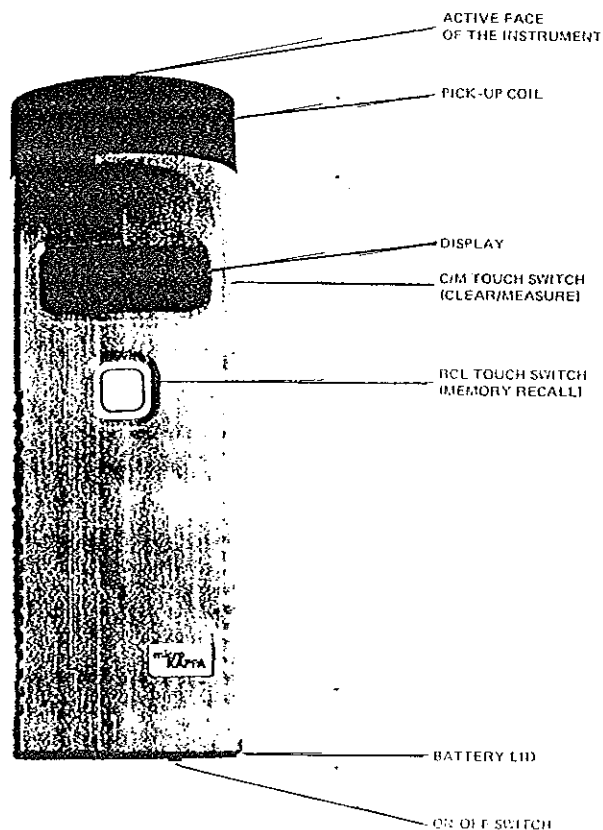
5.3 เสร็จแล้วนำเครื่องมือไปวางลงบนผิวของมวลบริเวณเรียบแล้วกดสวิตช์ C/M อีกครั้ง

5.4 ทำเช่นนี้ประมาณ 2-3 ครั้ง ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนผิวเรียบของมวลหินก้อนเดียวกัน

5.5 บันทึกผลเฉลี่ยจากการวัด

5.6 ผลที่วัดได้นี้นำไปคูณ ด้วย 10^{-3} จะมีหน่วยเป็น SI

ภาพประกอบ 17 หน้าปัทม์แคปปามีเตอร์ KT-5



6. เก็บตัวอย่างหินสดประมาณ 1-4 ก้อนในแต่ละบริเวณที่มวัดหินโผล่ ก่อนละ
ประมาณ 1-2 กิโลกรัม เพื่อนำไปวัดค่าความหนาแน่น และวิเคราะห์หาปริมาณโพแทส
เซียม(K) ยูเรเนียมสมมูล (eU) และทอเรียมสมมูล (eTh) ในห้องปฏิบัติการต่อไป โดยจะทำการ
เก็บตัวอย่างหินสดหลังจากทำการวัดค่าความถ่วงและความสูงในพื้นที่ศึกษาเสร็จเรียบร้อยแล้ว
ทั้งนี้เพื่อลดเวลาสำหรับวัดค่าความถ่วงในแต่ละวงรอบ

7. เขียนรหัสของจุดวัดที่ได้ไว้ที่หินตัวอย่างทุก ๆ ก้อน ทั้งนี้เพื่อสะดวกต่อการ
กำหนดตำแหน่งของหินตัวอย่างนี้ในแผนที่

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์และการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

สำหรับการศึกษาในห้องปฏิบัติการนี้ เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมใน
ภาคสนามมาทำการวิเคราะห์ปรับแก้ข้อมูล โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 5 หัวข้อดังนี้คือ

1. ปรับแก้ข้อมูลการวัดค่าความสูง
2. การวัดค่าความหนาแน่นของหินตัวอย่าง
3. การคำนวณค่าความถ่วง
4. การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล และ
ศึกษาข้อมูลที่ได้จากการบินสำรวจทางอากาศ (กรมทรัพยากรธรณี , 2532)
5. การวิเคราะห์ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและศึกษาข้อมูลที่ได้จากการบิน
สำรวจที่ระดับความสูง 400 ฟุต และ 5,000 ฟุตเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง
(กรมทรัพยากรธรณี , 2532)

1. ปรับแก้ข้อมูลการวัดค่าความสูง

เนื่องจากค่าระดับความสูงที่อ่านได้จากในสนามจะเปลี่ยนแปลงไปตาม
อุณหภูมิอากาศ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับแก้เพื่อหาค่าความสูงจริง ซึ่งจะนำไปใช้ปรับแก้ค่า
ความถ่วงต่อไป การปรับแก้ความสูงมีขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

1.1 หาค่าความสูงที่แตกต่างของจุดวัดที่อยู่ติดกันโดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\Delta H_{n+1} = (h_{n+1} - h_n) \left\{ 1 + 0.0036 \left[\left(\frac{T_{n+1} + T_n}{2} \right) - 10 \right] \right\} \dots (1)$$

เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

h_n, h_{n+1} คือ ค่าความสูงที่อ่านได้จากหน้าปัดมาตรระดับความสูงที่จุด n และ

$n+1$

T_n, T_{n+1} คือ อุณหภูมิอากาศในหน่วยองศาเซลเซียสที่จุด n และ $n+1$

ΔH_{n+1} คือ ความแตกต่างความสูงของจุดวัดที่ $n+1$ เทียบกับจุด n

1.2 ความสูงของจุดวัดที่ $n+1$ สามารถคำนวณได้จาก

$$H_{n+1} = \Delta H_{n+1} + H_n \text{ -----(2)}$$

เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

1.3 ปรับแก้ครีฟท์เนื่องจากความสูงของจุดวัดเปลี่ยนแปลงตามเวลามีขั้นตอนดังนี้

1.3.1 เขียนกราฟระหว่างความสูงที่ปรับแก้ไขอุณหภูมิแล้วของจุดวัดสถานีฐานในหัวข้อ (1.2) กับเวลาในหน่วยชั่วโมงและคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความสูงที่สถานีฐานของแต่ละวงรอบต่อชั่วโมงเรียกว่าครีฟท์ (drift)

1.3.2 นำค่าครีฟท์ความสูงในข้อ 1.3.1 มาคำนวณค่าความสูงที่เปลี่ยนไปที่จุดวัดใดๆ ในวงรอบ นำค่าความสูงที่เปลี่ยนไปนี้มาหักลบออกจากค่าความสูงของจุดวัดนั้น เรียกว่าการปรับแก้ครีฟท์ของความสูง

1.4 นำความสูงที่ทำการปรับแก้ครีฟท์แล้วนี้จากข้อ (1.3.2) มาหาค่าความสูงจริงโดยการหักลบค่าความสูงของจุดวัดใดๆ ด้วยค่าความสูงที่จุดอ้างอิง (จุด BM001) ที่บ้านพระพุทธ อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา ซึ่งได้กำหนดให้ความสูงจริงของจุดอ้างอิง BM001 นี้มีค่าเท่ากับ 0 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง

2. การวัดความหนาแน่นของหิน

ค่าความหนาแน่นของหิน จะนำไปใช้สำหรับแปลความหมายค่าความถ่วงโดยการสร้างแบบจำลองวัตถุผิดปกติใต้ผิวดิน โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 ย่อยตัวอย่างหินให้มีมวลไม่เกิน 2000 กรัม ทำความสะอาดให้เศษหินและฝุ่นที่เกาะติดอยู่ภายนอกตัวอย่างหินหลุดออกไป

2.2 นำตัวอย่างหินไปอบที่อุณหภูมิ 105°C นานประมาณ 1 ชั่วโมง

2.3 ปรับเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ให้อยู่ในระนาบระดับแล้วนำตัวอย่างหินที่ผ่านการอบ

แล้วไปชั่ง บันทึกค่าเป็น w_2

2.4 นำหินจากข้อ 2.3 ไปใส่ในภาชนะขนาด 16 ลิตร ซึ่งมีน้ำบรรจุอยู่ภายในประมาณ $3/4$ ของภาชนะแล้วไว้ค้างคืน เพื่อให้ตัวอย่างหินอิ่มตัวด้วยน้ำ

2.5 นำตะขอแขวนมวลมาติดตั้งเข้ากับเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์แล้วนำตัวอย่างหินที่อิ่มตัวด้วยน้ำไปชั่งโดยแขวนให้ตัวอย่างหินจมอยู่ใต้น้ำภายในภาชนะที่บรรจุน้ำเต็ม บันทึกค่าเป็น w_1

2.6 นำตะขอแขวนมวลออก นำตัวอย่างหินที่อิ่มตัวด้วยน้ำนี้ออกมาจากภาชนะและนำมาซับผิวให้แห้ง แล้วชั่งตัวอย่างหินนี้ในอากาศ บันทึกค่าเป็น w_3

2.7 คำนวณหาปริมาตรของหินตัวอย่าง โดยใช้ความสัมพันธ์ตามกฎของอาร์คิมิดีสดังนี้

$$V\rho_0 = w_3 - w_1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

เมื่อ w_1 คือ น้ำหนักของหินตัวอย่างที่ชั่งในน้ำ

w_3 คือ น้ำหนักของหินตัวอย่างซึ่งอิ่มตัวด้วยน้ำและซับผิวให้แห้งแล้วที่ชั่งใน

อากาศ

V คือ ปริมาตรของหินตัวอย่าง

ρ_0 คือ ความหนาแน่นของน้ำ เมื่อกำหนดให้น้ำมีความหนาแน่นเท่ากับ 1

gm/cm^3 น้ำหนักของหินตัวอย่างที่หายไปจะมีค่าเป็นตัวเลขเท่ากับปริมาตรของตัวอย่างหินนั้น

2.8 คำนวณค่าความหนาแน่นแห้ง (ρ_d) ของหินตัวอย่างโดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$\rho_d = w_2 / V \quad \dots\dots\dots (4)$$

เมื่อ w_2 คือ น้ำหนักของหินตัวอย่างที่ชั่งในอากาศหลังจากอบแห้งแล้ว

2.9 คำนวณค่าความหนาแน่นเปียก (ρ_w) ของหินตัวอย่าง โดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$\rho_w = w_3 / V \quad \dots\dots\dots (5)$$

8. การคำนวณค่าความถ่วง

การเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงระหว่างจุดอ้างอิงและจุดอื่นๆ จะเป็นผลมาจากปัจจัยหลายประการนอกเหนือไปจากการเปลี่ยนสภาพธรณีวิทยาใต้ดิน ปัจจัยที่สำคัญได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของค่าที่อ่านได้โดยแกรวิติมิเตอร์เมื่อเวลาผ่านไป โลกไม่ได้มีลักษณะเป็นรูปทรงกลมที่สมบูรณ์ ระดับสูงที่ไม่เท่ากันของจุดวัด และความขรุขระของลักษณะภูมิประเทศ ในบริเวณสำรวจ ด้วยเหตุนี้ค่าความถ่วงระหว่างจุดอ้างอิงและจุดอื่นต้องได้รับการปรับแก้ไข เพื่อตัดการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงเนื่องจากสาเหตุที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป ได้แก่ การแก้ไขดริฟท์ (drift correction) การแก้ไขละติจูด (latitude correction) การแก้ไขฟรี-แอร์ (free-air correction) การแก้ไขบูเกอว์ (Bouguer correction) และการแก้ไขลักษณะภูมิประเทศ (terrain correction) การปรับปรุงแก้ไขค่าความถ่วงมีขั้นตอนดังนี้

3.1 เปลี่ยนเวลาที่อ่านให้อยู่ในหน่วยของชั่วโมง

3.2 นำค่าที่อ่านได้จากตัวนับ(counter)บนแกรวิติมิเตอร์(gravity meter)เปลี่ยนเป็นค่าความถ่วงในหน่วยมิลลิเกิล(milligal) สำหรับทุก ๆ จุด โดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$g_{\text{mgal}} = \left\{ (g_{\text{read}} - 1600) \times (10186) \right\} + 16291 \text{ mgal} \dots \dots \dots (6)$$

เมื่อ g_{mgal} คือ ค่าความถ่วงในหน่วยมิลลิเกิล(10^{-5} m/s^2) ซึ่งสัมพันธ์กับ g_{read}

g_{read} คือ ค่าที่อ่านได้จากตัวนับบนแกรวิติมิเตอร์

ค่าคงที่ในสมการนี้เป็นค่าเฉพาะในช่วงการอ่านระหว่าง 1600-1700 ของเครื่องมือวัดค่าความถ่วงแบบลาตอสท์และรอมเบิร์ก หมายเลข G-490

3.3 ปรับแก้ดริฟท์

ถ้านำแกรวิติมิเตอร์ไปใช้ในที่ต่างๆ สัก 1-2 ชั่วโมง แล้วนำกลับมาวัดค่าความถ่วง ณ ตำแหน่งเดิม หรือแม้แต่ตั้งแกรวิติมิเตอร์ไว้ ณ ที่เดิมตลอดเวลา ค่าความถ่วงที่อ่านได้จะไม่เท่ากัน การเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วงเมื่อเวลาผ่านไปนี้เรียกว่าดริฟท์ (drift) ซึ่งเกิดจากสาเหตุสำคัญสองประการคือ 1) การเปลี่ยนแปลงสมบัติของเครื่องมือ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง การยืดของสปริงหรือการกระแทกเครื่องมือในระหว่างการขนย้ายเมื่อไม่ได้ยึดกลไกต่างๆ 2) อิทธิพลจากไทดัลของโลกซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงศักย์โน้มถ่วงที่จุดใด ๆ บนผิวโลกอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่และการหมุนรอบตัวเองของโลกเทียบกับดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ (กิตติชัย วัฒนานิก, 2536)

วิธีการแก้ไขเพื่อปรับลดอิทธิพลของครีฟท์ ที่มีต่อค่าความถ่วงทำได้เช่นเดียวกับการปรับแก้ครีฟท์ของความสูง กล่าวคือบันทึกค่าความถ่วงที่จุดอ้างอิงทุก 1-2 ชั่วโมงเพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วงต่อหน่วยเวลา(ชั่วโมง)

3.3.1 จากการวัดค่า g_{mal} ในภาคสนามซึ่งกระทำโดยการกลับมาอ่านค่าความถ่วงที่จุดฐานทุก ๆ ช่วงเวลาหนึ่งคำนวณค่าครีฟท์(การเปลี่ยนแปลง)ของ g_{mal} ต่อหน่วยเวลา(ชั่วโมง) ของแต่ละวงรอบของจุดวัดฐาน

ตาราง 2 ตัวอย่างการปรับแก้ค่าครีฟท์ของความถ่วง

ตำแหน่ง	เวลา (hr.)	ค่าที่อ่าน (mgal)	ค่าที่ปรับแก้ ครีฟท์แล้ว (mgal)	ค่าความถ่วง สัมพัทธ์ (mgal)	ค่าความถ่วง สัมบูรณ์ 9781---.gu
p0	9.28	1673.480	1673.480	0.000	203.6
p1	9.65	1672.289	1672.297	-1.184	191.8
p2	9.90	1669.763	1669.776	-3.705	166.6
p3	10.13	1668.326	1668.345	-5.136	152.2
p4	10.37	1665.016	1665.039	-8.441	119.2
p5	10.62	1664.058	1664.087	-9.393	109.7
p6	10.82	1667.562	1667.596	-5.885	144.8
p7	11.07	1653.251	1653.290	-20.191	001.7
p8	11.35	1659.108	1659.153	-14.328	060.3
p0	11.63	1673.429	1673.480	0.000	203.6

3.3.2 คำนวณค่าเปลี่ยนแปลงของ g_{mal} ที่จุดวัดใดๆจากค่าครีฟท์ ณ จุดอ้างอิงเวลานั้น ๆ ที่คำนวณได้ในแต่ละวงรอบนำค่า g_{mal} ที่เปลี่ยนแปลงนี้ไปลบออกจากค่า g_{mal} ที่อ่านได้ (กิตติชัย วัฒนานิก, 2526)

3.3.3 ปรับค่าความถ่วงของแต่ละจุดวัดความถ่วงที่ผ่านการปรับแก้ครีฟท์แล้วให้เป็นค่าความถ่วงสัมบูรณ์ โดยอ้างอิงกับจุดอ้างอิง BM001 ที่บ้านพระพุทธร อำเภเทพา จังหวัด

สงขลา(กริด 716000,759000) ซึ่งมีค่าความถ่วงสัมบูรณ์เท่ากับ 9781242.4 $\text{gu}(\mu\text{m/s}^2)$

3.4 ปรับแก้ละติจูด (latitude correction)

เป็นการปรับแก้การเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วง เนื่องจากการที่โลกไม่ได้เป็นทรงกลมอย่างสมบูรณ์และโลกหมุนรอบตัวเอง ใช้ความสัมพันธ์ (Parasnis, 1986)

$$g_L = g_0 \times (1 + \alpha \sin^2 \phi + \beta \sin^2 2\phi) \dots \dots \dots (7)$$

เมื่อ g_L คือค่าความถ่วงสัมบูรณ์ที่ละติจูด ϕ

g_0 คือ 9780318 gu เป็นค่าความถ่วงสัมบูรณ์ที่เส้นศูนย์สูตร

α คือ ค่าคงที่เท่ากับ 0.0053024

β คือ ค่าคงที่เท่ากับ -0.0000059

ϕ คือ ค่าละติจูดในหน่วยองศา

3.5 การปรับแก้ฟรี-แอร์ (Free-air correction)

เนื่องจากความถ่วงแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางจากจุดศูนย์กลาง

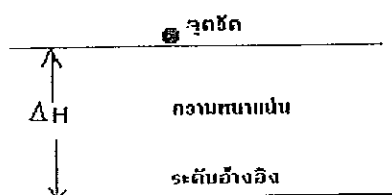
$g \cong -GM/r^2$ เมื่อ M คือมวลของโลก r คือ ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของโลกหรือของโลกมายังจุดวัด และ G เป็นค่าคงตัวสากล ดังนั้นจุดวัดจึงอยู่ที่ระดับความสูงไม่เท่ากัน ซึ่งให้ค่าความถ่วงไม่เท่ากัน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องแก้ไขค่าความถ่วง g ที่อ่านได้ให้เป็นค่าที่อยู่ในระดับมูลฐาน(datum) เดียวกันทั้งนี้ยังไม่คำนึงถึงมวลดินหรือมวลหินซึ่งอยู่ระหว่างจุดวัดกับระดับมูลฐานด้วยความสัมพันธ์ดังข้างล่างนี้ (Parasnis, 1986)

$$FC = 3.072 \times \Delta H \dots \dots \dots (8)$$

เมื่อ FC คือค่าปรับแก้ฟรี-แอร์ ในหน่วย $\mu\text{m/s}^2$

ΔH คือความสูงของจุดวัดเหนือระดับมูลฐานในหน่วย m

ภาพประกอบ 18 การปรับแก้บูเกอร์ที่จุดวัด



3.6 การปรับแก้บูเกอร์ (Bouguer correction)

เป็นการปรับแก้ค่าความถ่วงของมวลที่อยู่ระหว่างจุดวัดกับระดับมูลฐาน(ภาพประกอบ 18) โดยใช้ความสัมพันธ์ (Parasnis, 1986)

$$BC = 0.4191 \times 10^{-3} \rho \Delta H \dots \dots \dots (9)$$

เมื่อ BC คือค่าแก้ไขบูเกอร์ ในหน่วย $\mu\text{m/s}^2$

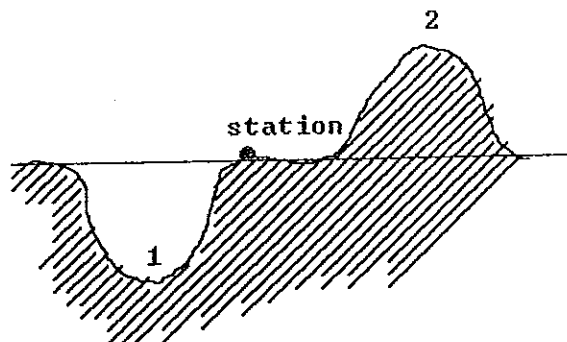
ρ คือความหนาแน่นของชั้นหินที่อยู่ระหว่างระดับมูลฐานกับจุดวัดใด ๆ ในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ 2500 kg/m^3

H คือค่าความสูงของจุดวัดเหนือระดับมูลฐานในหน่วย m

3.7 การปรับแก้ลักษณะภูมิประเทศ (Terrain correction)

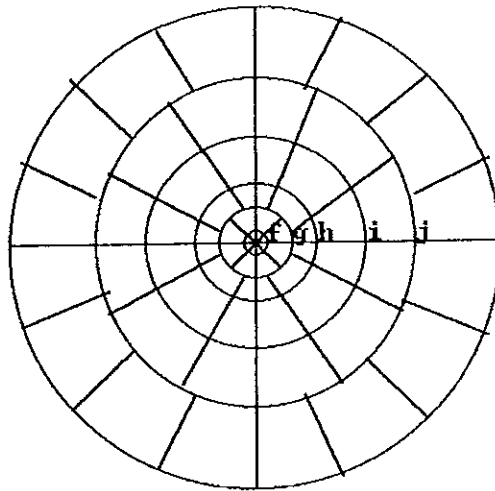
เป็นการปรับแก้ค่าความถ่วงเนื่องจากอิทธิพลภูมิประเทศที่เป็นภูเขาและหุบเขาที่อยู่ใกล้กับจุดวัด

ภาพประกอบ 19 ลักษณะภูมิประเทศ



ในกรณีของภูเขา 2 จะมีแรงดึงดูดขึ้น ทำให้ค่าความถ่วงของโลกที่จุดวัดลดลง ในกรณีของหุบเขา 1 มวลที่หายไปจะทำให้ค่าความถ่วงที่จุดวัดลดลงเช่นกัน การปรับแก้ไขภูมิประเทศกระทำโดยใช้แผนภูมิแฮมเมอร์(Hammer chart) ดังภาพประกอบ 20 ในแผนภูมินี้จะแบ่งออกเป็นโซน(zone) ได้แก่โซน B,C,D,E,F,G,H,I และ J โดยแต่ละโซนยังแบ่งออกเป็นห้อง ๆ จำนวน 4,6,6,8,8,12,12,12 และ 16 ห้องตามลำดับ สำหรับโซน B,C,D และ E ได้ประเมินผลต่างความสูงของจุดวัดกับความสูงเฉลี่ยของแต่ละห้องไว้แล้วในตอนภาคสนาม

ภาพประกอบ 20 แผนภูมิแฮมเมอร์



ตาราง 3 ขอบเขตของโซนและจำนวนห้องในแต่ละโซนของแผนภูมิแฮมเมอร์

โซน	r_1 (m)	r_2 (m)	n
B	2.0	16.6	4
C	16.6	53.3	6
D	53.5	170.1	6
E	170.1	390.1	8
F	390.1	894.8	8
G	894.8	1529.4	12
H	1529.4	2614.4	12
I	2614.4	4468.8	12
J	4468.8	6652.2	16

เมื่อ r_1 , r_2 คือ รัศมีวงในและวงนอกตามลำดับ n คือ จำนวนโซนในแต่ละวงวง
 แผนภูมินี้ลงบนแผนที่ภูมิประเทศสเกล 1: 50,000 สำหรับโซน F,G,H,I,J โดยให้จุดศูนย์กลาง
 ของวงกลมแผนภูมิอยู่ที่ตำแหน่งที่จุดวัด ประเมินความสูงเฉลี่ยของภูมิประเทศในแต่ละ
 ห้อง แล้วนำผลต่างของระดับความสูงเฉลี่ยของภูมิประเทศในแต่ละห้องกับความสูงของจุด
 วัดไปคำนวณค่าปรับแก้ภูมิประเทศ TC เนื่องจากแต่ละส่วนของแผนภูมิ ดังนี้
 (วรวิทย์ โลหะวิจารณ์, 2537)

$$T = (0.4191 \times 10^{-3}) \left(\frac{1}{n} \right) \left\{ r_2 - r_1 + \left(\sqrt{r_2^2 + z^2} \right) - \left(\sqrt{r_1^2 + z^2} \right) \right\} \dots\dots\dots(10)$$

โดย T คือค่าปรับแก้ของภูมิประเทศต่อหน่วยความหนาแน่น(gu/kgm^{-3}) n คือจำนวนช่องในแต่ละโซน $r_1(\text{m})$ คือรัศมีวงในของโซน $r_2(\text{m})$ คือ รัศมีวงนอกของโซน Z(m) คือ ผลต่างความสูงของโซนต่างๆกับจุดวัด ในที่นี้ได้นำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณอิทธิพลรวมของภูมิประเทศ ดังสมการ (Parasnis, 1986)

$$TC = Tp \dots\dots\dots(11)$$

เมื่อ TC คือ ค่าปรับแก้ภูมิประเทศ

T คือ ค่าปรับแก้ของภูมิประเทศต่อหนึ่ง kg/m^3

ρ คือ ความหนาแน่นเฉลี่ยของภูมิภาคในที่นี้ใช้ 2500 kg/m^3

3.8 ค่าความถ่วงที่ได้รับการแก้ไขดังรายการข้างต้นแล้ว เรียกว่า ค่าผิดปกติบูเอร์สัมบูรณ์ (Absolute Bouguer Anomaly) แทนด้วย Δg_B (Parasnis, 1986)

$$\Delta g_B = g_{\text{obs}} - g_L + FC - BC + TC \dots\dots\dots (12)$$

3.9 นำค่าผิดปกติบูเอร์สัมบูรณ์ไปพล็อตเป็นแผนที่ก่อนทัวร์ด้วยโปรแกรมเซอเฟอร์ และตัดภาคตัดขวางความถ่วงจำนวน 5 แนวในทิศ SW-NE โดยแต่ละแนวอยู่ห่างกัน 5 กิโลเมตรผ่านพื้นที่ศึกษาดังนี้

3.9.1 แนว AB ตั้งแต่ 687000 E 747692.31N ถึง 720000 E 758076.92N ผ่าน
กวนท่าล้อ เขาแก้ว เขาสูง

3.9.2 แนว CD ตั้งแต่ 687000E 753076.92N ถึง 720000E 763461.54N ผ่าน บ้าน
เกาะสระบัว

3.9.3 ในแนว EF ตั้งแต่ 687000E ,758461.54N ถึง 720000E 768846.15N ผ่านบ้าน
บ้านเขาน้อย

3.9.4 แนว GH ตั้งแต่ 687000 E 742307.69N ถึง 720000 E 752692.3N

3.9.5 แนว II ตั้งแต่ 687000E 736923.08N ถึง 720000E 747307.68N ผ่านบ้านลำ
ไพลใต้

4. การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม ยูเรเนียมสุมมูล และทอเรียมสุมมูลของตัวอย่างหิน และศึกษาข้อมูลที่ได้จากการบินสำรวจทางอากาศของกรมทรัพยากรธรณีปี พ.ศ. 2532

วิธีสำรวจด้านการแผ่กัมมันตรังสีเป็นวิธีทางธรณีฟิสิกส์วิธีหนึ่งที่ใช้ในการกำหนดขอบเขตของพลูตอนลิว เพราะหินแกรนิต หินดินดาน มีธาตุกัมมันตรังสีปะปนอยู่เป็นปริมาณสูง ในขณะที่หินตะกอนอื่นๆมีธาตุกัมมันตรังสีปะปนอยู่น้อย

การศึกษาปริมาณธาตุกัมมันตรังสี มีวิธีดำเนินการดังนี้

- 4.1 นำหินตัวอย่างมาทำการย่อยและบดให้ละเอียดหนักประมาณ 50-200 กรัม
- 4.2 บรรจุลงในกระปุก ปิดฝาให้สนิทโดยใช้เทปกาวยันรอบปากกล่อง
- 4.3 นำไปซั่ง เขียนรหัสและนำหนักหลังหักถ่านน้ำหนักของกระปุกออกแล้ว ไร่ข้างกล่อง
- 4.4 ทิ้งตัวอย่างไว้ประมาณ 1 เดือนเพื่อจะทำให้เกิดสภาวะสมดุลของการสลายตัว
- 4.5 เตรียมสารมาตรฐาน ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในภาคผนวก จ
- 4.6 เตรียมเครื่องมือให้พร้อมที่จะทำการวิเคราะห์
 - 4.6.1 ต่อเครื่องวิเคราะห์รังสีแกมมาแบบหลายช่อง (MCA) เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเก็บข้อมูล ส่วนอีกด้านต่อเข้ากับเครื่องขยายสัญญาณที่ต่อมาจากหัววัดรังสีแกมมาชนิดเซอมาเนียมบริสุทธิ ต่อหัววัดเข้ากับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า
 - 4.6.2 เปิดเครื่องมือวัดรังสีแกมมาหลังจากเปิดเครื่องให้ตรวจดูในโตรเจนเหลว ว่าอยู่ในระดับปลอดภัยหรือไม่ โดยดูไฟที่ Preamp ถ้าสีเขียวสว่างแสดงว่าอยู่ในระดับปลอดภัยแต่ถ้าไฟสีแดงสว่างให้รีบปิดเครื่อง แล้วเติมในโตรเจนเหลวก่อน จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 4 ชั่วโมง จึงเริ่มเปิดเครื่องใหม่
 - 4.6.3 เมื่อตรวจดูแล้วไฟสีเขียวสว่างที่ Preamp ให้ป้อนความต่างศักย์สูง (High Voltage) อย่างช้า ๆ ไปที่ 4,000 โวลต์
 - 4.6.4 เปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที ในระหว่างนี้ให้น้ำ Co-60 ขนาด 1 μCi (สีแดง) มาวางไว้ในตำแหน่งหัววัด ให้กดปุ่ม Energy ที่เครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (MCA) เมื่อยอดของ Co-60 อยู่ที่ตำแหน่ง 1170 และ 1332 KeV แสดงว่าเครื่องมือพร้อมที่จะเริ่มทำงานแล้ว
 - 4.6.5 นำ Co-60 ออกจากตำแหน่งหัววัด ลบข้อมูลของ Co-60 บนหน้าจอ
 - 4.7 นำหินตัวอย่างไปวางในตำแหน่งหัววัด ปิดฝาหัววัดแล้วตั้งเวลา 18000 วินาที (5 hr) ตั้งความจำที่ 1/2 เปิดเครื่องให้เริ่มทำงาน

4.8 เมื่อครบเวลาที่ตั้งไว้ให้บันทึกข้อมูลที่อยู่ใต้ยอดที่สนใจ ในที่นี้ต้องการข้อมูลได้ยอดของโพแทสเซียม (K-40) ยูเรเนียมสมมูล (eU) และทอเรียมสมมูล (eTh) ในการวัดปริมาณโพแทสเซียมใช้ยอดสเปกตรัมที่ระดับพลังงาน 1460.8 keV คือช่อง 494-520 เป็นตัวเปรียบเทียบพลังงานระดับนี้มาจาก K-40 ที่มีอยู่ในโพแทสเซียมตามธรรมชาติ ในการหาปริมาณยูเรเนียมสมมูล ได้ใช้ยอดสเปกตรัมที่ระดับพลังงาน 1764.5 keV คือช่อง 605-621 เป็นตัวเปรียบเทียบ รังสีแกมมาที่ระดับพลังงานนี้มาจาก ^{214}Bi สำหรับการหาปริมาณทอเรียมสมมูลได้ใช้ยอดสเปกตรัมที่ระดับพลังงาน 2614.47 keV คือช่อง 907-922 เป็นตัวเปรียบเทียบ รังสีแกมมาที่ระดับพลังงานนี้เป็นผลมาจาก ^{208}Tl ซึ่งเป็นลูกของ ^{232}Th จากนั้นบันทึกข้อมูลเป็นจำนวนนับของรังสีไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม PC UTIL ทำเช่นเดียวกันนี้กับตัวอย่างอื่น ๆ ทุกตัวอย่าง

4.9 วัดรังสีจากสารมาตรฐานซึ่งได้เตรียมเอาไว้แล้วในภาคผนวก จ โดยใช้เวลา 18000 วินาที เช่นกันและเก็บข้อมูลในช่วงเดียวกับของหินตัวอย่างและรังสีพื้นหลัง

4.10 วัดรังสีพื้นหลัง (background radiation) ซึ่งเป็นรังสีที่มาจากแหล่งอื่นที่ไม่ใช่จากหินตัวอย่าง โดยใช้เวลา 18000 วินาทีเช่นกัน และเก็บข้อมูลได้ยอดในช่วงเดียวกับกรณีของหินตัวอย่าง และสารมาตรฐาน จากนั้นนำข้อมูลส่วนนี้ไปหักลบออกจากข้อมูลของหินตัวอย่างและสารมาตรฐาน

4.11 วิเคราะห์หาความแรงรังสีและความเข้มข้นของสารตัวอย่างโดยใช้สมการจากกราฟของสารมาตรฐานในภาคผนวก จ

4.12 คำนวณค่าความผิดพลาด ใช้ความสัมพันธ์

$$\sigma_s = \sqrt{N} \dots\dots\dots (13)$$

เมื่อ N คือ จำนวนนับได้ยอดสเปกตรัม

X คือ จำนวนนับได้ยอดสเปกตรัมของหินตัวอย่างหรือสารมาตรฐาน

Y คือ จำนวนนับได้ยอดสเปกตรัมของค่าพื้นหลัง

จะบันทึกจำนวนนับของสารมาตรฐานหรือหินตัวอย่างเป็น $X \pm \sigma_X$

จะบันทึกจำนวนนับของค่าพื้นหลังเป็น $Y \pm \sigma_Y$

จำนวนนับสุทธิเท่ากับ $X - Y \pm \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2}$

4.13 นำข้อมูลโพเทนเชียล ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูลที่ได้จากการบินสำรวจ ซึ่งบันทึกไว้ในแผ่นข้อมูลแม่เหล็กของกรมทรัพยากรธรณีมาเขียนแผนที่คอนทัวร์ โดยใช้โปรแกรมเซอเฟอร์ เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการแปลผลข้อมูลต่อไป

5. การวิเคราะห์ค่าสภาพัฒน์ไว้ได้ทางแม่เหล็กและศึกษาข้อมูลที่ได้จากการบินสำรวจที่ระดับความสูง 400 ฟุตจากระดับน้ำทะเลปานกลางของกรมทรัพยากรธรณี มีวิธีดำเนินการดังนี้

5.1 นำการวัดค่าสภาพัฒน์ไว้ได้ทางแม่เหล็กด้วยแกปปามีเตอร์ในตอนภาคสนามคูณด้วย 10^{-3} SI

5.2 บันทึกข้อมูลในข้อ 5.1 ลงบนแผนที่ธรณีวิทยาของตามตำแหน่งที่เก็บหินตัวอย่าง

5.3 นำข้อมูลที่ได้จากการบินสำรวจซึ่งอยู่ในแผ่นข้อมูลแม่เหล็กมาเขียนแผนที่คอนทัวร์

สำหรับความเข้มสนามแม่เหล็กผิดปกติได้จากผลต่างของความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมกับความเข้มเนื่องจากสนามไดโพล และความเข้มเนื่องจากสนามไดโพลนี้ที่ตำแหน่งต่างๆบนผิวโลกขึ้นอยู่กับค่าละติจูดและลองจิจูดดังนี้ (Parkinson, 1983)

เมื่อ x, y, z แทนองค์ประกอบของสนามแม่เหล็กในแนวทิศเหนือ, ทิศตะวันออก และแนวตั้งตามลำดับ

$$x = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left\{ (b_n^m + g_n^m) \cos m\phi + (c_n^m + h_n^m) \sin m\phi \right\} \left(\frac{d}{d\theta} \right) p_n^m(\cos\theta)$$

$$y = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left\{ m(b_n^m + g_n^m) \sin m\phi - m(c_n^m + h_n^m) \cos m\phi \right\} \left\{ \frac{p_n^m(\cos\theta)}{\sin\theta} \right\}$$

$$z = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left\{ [nb_n^m - (n+1)g_n^m] \cos m\phi + [nc_n^m - (n+1)h_n^m] \sin m\phi \right\} p_n^m(\cos\theta)$$

ถ้าใช้ระบบพิกัดแบบทรงกลม r, θ, ϕ เมื่อ r คือรัศมีของโลก θ คือค่าละติจูด และ ϕ คือค่าลองจิจูด

เมื่อ a คือรัศมีของโลก และ $b_n^m, c_n^m, g_n^m, h_n^m$ เป็นสัมประสิทธิ์

เนื่องจากสัมประสิทธิ์ b และ c มีค่าน้อยกว่า g และ h มากจึงไม่นำ b และ c มาคำนวณ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ในภาคผนวก ง

ดังนั้นจะได้สนามโคโพลารวมที่ θ, ϕ ตำแหน่งใดๆบนผิวโลกดังนี้

$$F = (x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}$$

นำความเข้มสนามแม่เหล็กนี้ไปลบออกจากความเข้มสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่ได้จากการบินสำรวจจะได้ค่าผิดปกติของความเข้มสนามแม่เหล็กรวมของโลกของพื้นที่ศึกษา

5.4 ตัดภาคตัดขวางค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวม และความถ่วงในแนว AB ดังภาพประกอบ 6 ซึ่งเป็นแนวที่ ชงชัย พึ่งรัมย์ (2530) ได้สร้างแบบจำลองเอาไว้ โดยใช้ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและค่าความหนาแน่นของหินในพื้นที่ทำการศึกษาดังตาราง 4

ตาราง 4 ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของหินในพื้นที่ศึกษา

หิน	ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก k (SI)	ค่าความหนาแน่น ρ (kg/m ³)
แกรนิต	0.001137 ± 0.0337	2536 ± 17
หินเขียว	0.00	2488 ± 28
หินทราย	0.0004 ± 0.0003	2521 ± 19
หินควอตซ์	0.00	2100

5.5 ตัดภาคตัดขวางของข้อมูลสนามแม่เหล็กและความถ่วงในแนว AB,CD,BF,GH และ IJ มาสร้างแบบจำลองรูปร่างของพลาตอลด้วยโปรแกรม GMM โดยใช้ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและค่าความหนาแน่นของหินในตาราง 4

5.6 ใช้ภาคตัดขวางในข้อ 5.5 มาสร้างแบบจำลองของพลาตอลใหม่โดยกำหนดให้ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและค่าความหนาแน่นของหินในตาราง 5

ตาราง 5 ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่ได้ปรับปรุงและนำไปใช้
ในการสร้างแบบจำลองพลุดอนลิว

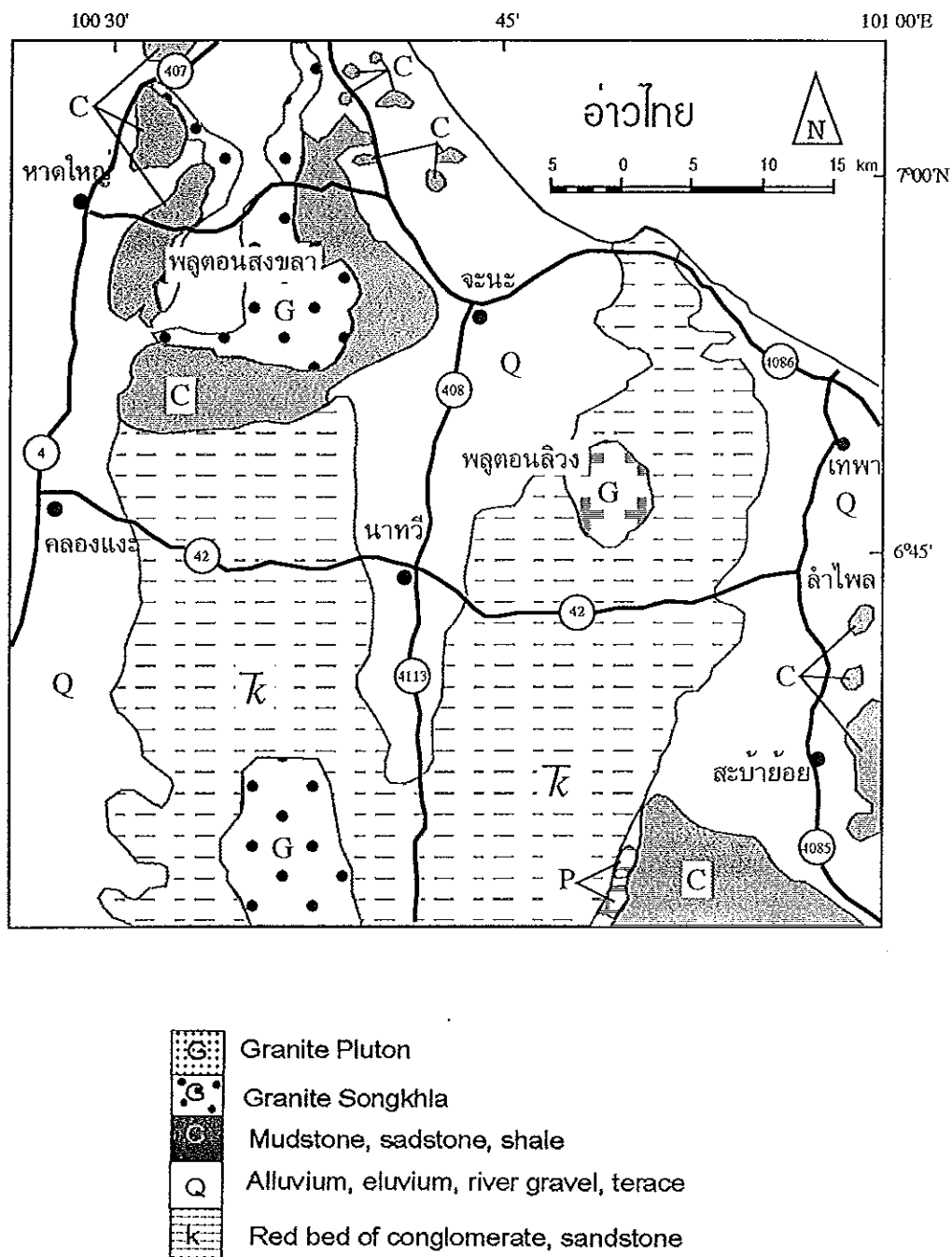
หิน	ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก k (SI)	ค่าความหนาแน่น ρ (kg/m ³)
แกรนิต	0.006	2536 $\pm$ 17
หินปูนเชิร์ต	0.00	2488 $\pm$ 28
หินปูนเศษชิ้น	0.0004 $\pm$ 0.0003	2521 $\pm$ 19
หินควอตซ์	0.00	2100

จากตาราง 5 ได้กำหนดให้แกรนิตลิวมีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเป็น 0.006 SI เพื่อที่จะทำให้แบบจำลองนี้สอดคล้องกับค่าความถ่วงที่ได้ศึกษาด้วย แต่ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของหินแกรนิตที่ได้จากการวัดมีเพียงตำแหน่งเดียวและมีค่าน้อยมาก ซึ่งหินแกรนิตลิวบริเวณนี้มีลักษณะค่อนข้างผุ และจากการศึกษาหาส่วนประกอบทางเคมีของหินแกรนิตลิว(% โดยน้ำหนัก) โดยรัชชัย ธีรรัชมี(2535) พบว่า Fe_2O_3 มีส่วนประกอบอยู่ 1.56% แต่ไม่มีรายงานของ Fe_3O_4 และคาดว่าปริมาณน้อย สำหรับค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก 0.006 SI นี้จะสัมพันธ์กับปริมาณ Fe_3O_4 เท่ากับ 0.37%(โดยน้ำหนัก) ซึ่งคาดว่าเป็นส่วนประกอบของพลุดอนลิวที่ไม่ได้อยู่ในสภาพ

สำหรับหินแกรนิตส่วนล่างได้กำหนดให้มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเป็น 0.000001 SI และมีความหนาแน่นเป็น 2620 kg/m³ซึ่ง มีค่าเท่ากับค่าความหนาแน่นของแกรนิตสงขลาซึ่งตำแหน่งของแกรนิตสงขลาแสดงในภาพประกอบ 21

5.7 เขียนแผนที่คอนทัวร์ความลึกของพลุดอนลิวและแกรนิตสงขลา

ภาพประกอบ 21 แผนที่ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา
(ที่มา: Pungrassami, 1983)



บทที่ 3

ผลและอภิปรายผล

บทนี้ได้แสดงผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัยโดยเสนอผลการวิจัยตามลำดับดังนี้

1. ผลการศึกษาความสูง
2. ผลการศึกษาความหนาแน่น
3. แผนที่ความถ่วงของพื้นที่ศึกษา
4. แผนที่ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กโลกของพื้นที่ศึกษา
5. การแปลความแผนที่ค่าผิดปกติของความถ่วงและค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็ก

รวมของโลกในเชิงปริมาณ

6. ผลการศึกษาแผนที่กัมมันตรังสีและการวิเคราะห์ปริมาณ K, eU และ eTh

1. ผลจากการศึกษาความสูง

ความสูงที่ได้จากการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้ในการปรับแก้ค่าความถ่วง เช่นการปรับแก้ฟรีแอร์และการปรับแก้บูเกอร์

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวัดค่าความสูงของจุดวัดโดยใช้มาตรระดับความสูง ทั้งนี้เพื่อความสะดวก รวดเร็ว และมีอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการอยู่แล้ว ถึงแม้ว่าความสูงที่ได้จากการวัดด้วยวิธีนี้จะให้ความแม่นยำน้อยกว่าการทำรังวัดระดับก็ตาม แต่งานรังวัดจะใช้เวลานาน(ประมาณระยะทาง 5 กม./วัน)

ความคลาดเคลื่อนของความสูงของมาตรระดับความสูงในการศึกษาครั้งนี้ที่จุดวัดกำหนดได้จากการเปรียบเทียบผลการวัดกับการทำรังวัดจำนวน 10 ตำแหน่งคือจุด P74,P75, P76,P78,P79,P81,P82,P83,P84 และ P85 ผลการวัดความสูงแสดงดังตาราง 6 และค่าความคลาดเคลื่อนของความสูงที่วัดด้วยมาตรระดับความสูงจากการทำรังวัดแสดงเป็นกราฟแท่งในภาพประกอบ 22 เมื่อนำความสูงจากทั้ง 2 วิธีนี้ไปใช้ในการปรับแก้ค่าความถ่วงภาพประกอบ 23 แสดงภาคตัดขวางผิดปกติบูเกอร์สมบูรณ์ของจุดวัด ได้ว่าค่าผิดปกติบูเกอร์สมบูรณ์ซึ่งความสูงของจุดวัดกำหนดจากการทำรังวัดระดับ มีค่าสูงกว่าค่าผิดปกติบูเกอร์สมบูรณ์ซึ่ง

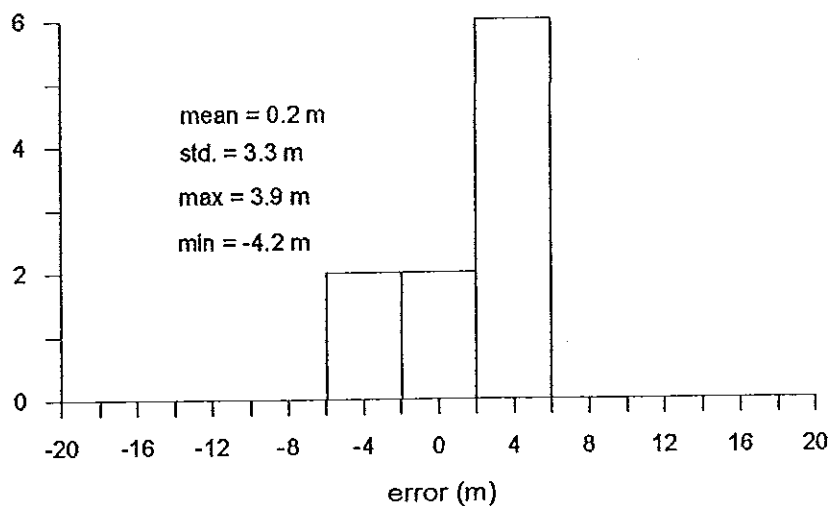
ความสูงของจุดวัดกำหนดจากการใช้มาตรระดับความสูง โดยจะสังเกตเห็นว่าระยะห่างระหว่างค่าผิดปกติบูเกอร์ทั้งสองจะค่อนข้างสม่ำเสมอและโดยเฉลี่ยประมาณ 40 gu

ตาราง 6 การเปรียบเทียบความสูงที่ได้จากการวัดด้วยมาตรระดับความสูง และการทำรังวัดระดับ

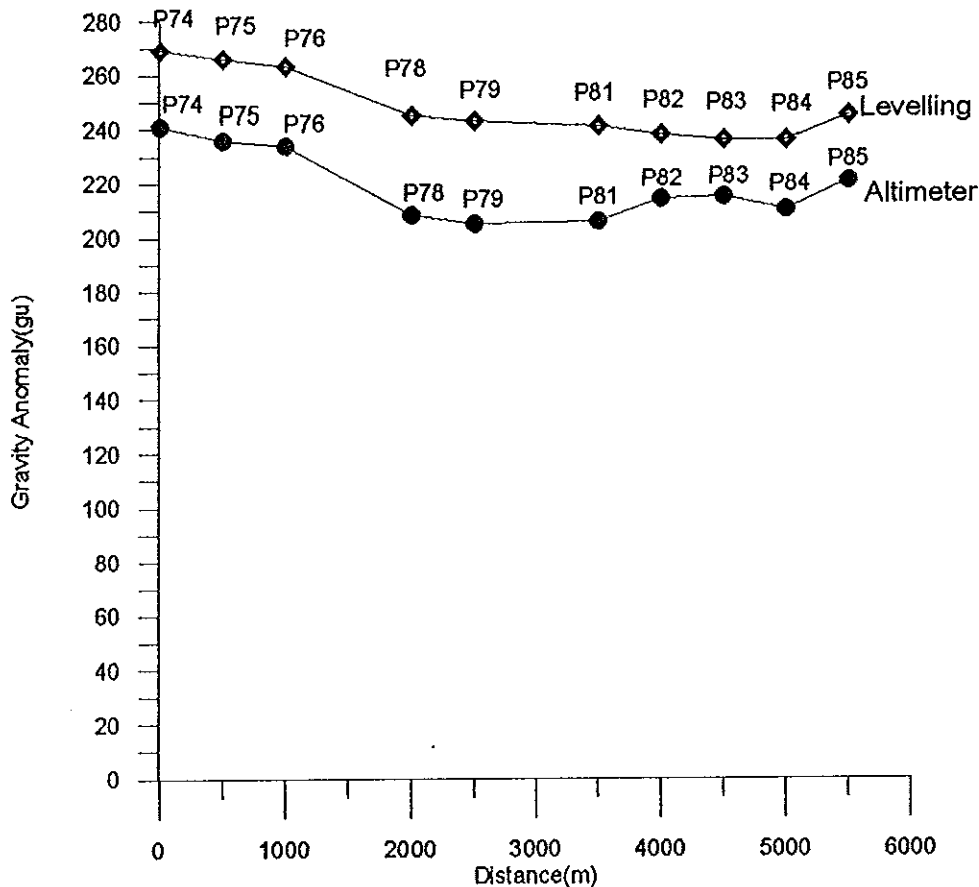
จุดวัด	มาตรระดับความสูง (เมตร)	การทำรังวัด (เมตร)	ความแตกต่าง Δh (เมตร)
P74	23.2	26.1	3.0
P75	22.0	25.6	3.6
P76	23.8	26.5	2.7
P78	18.3	22.2	3.9
P79	14.0	17.2	3.2
P81	17.7	18.2	0.5
P82	18.3	15.5	-2.8
P83	21.3	17.3	-4.1
P84	21.3	17.9	-3.4
P85	23.2	19.0	-4.2

ภาพประกอบ 22 กราฟเคลื่อนของความสูงจากการวัดด้วยมาตรระดับความสูง

No. of Samples



ภาพประกอบ 23 เปรียบเทียบความถ่วงศักติสัมบูรณ์ที่ได้จากการวัดความสูงด้วยรังวัด
และมาตรระดับความสูง

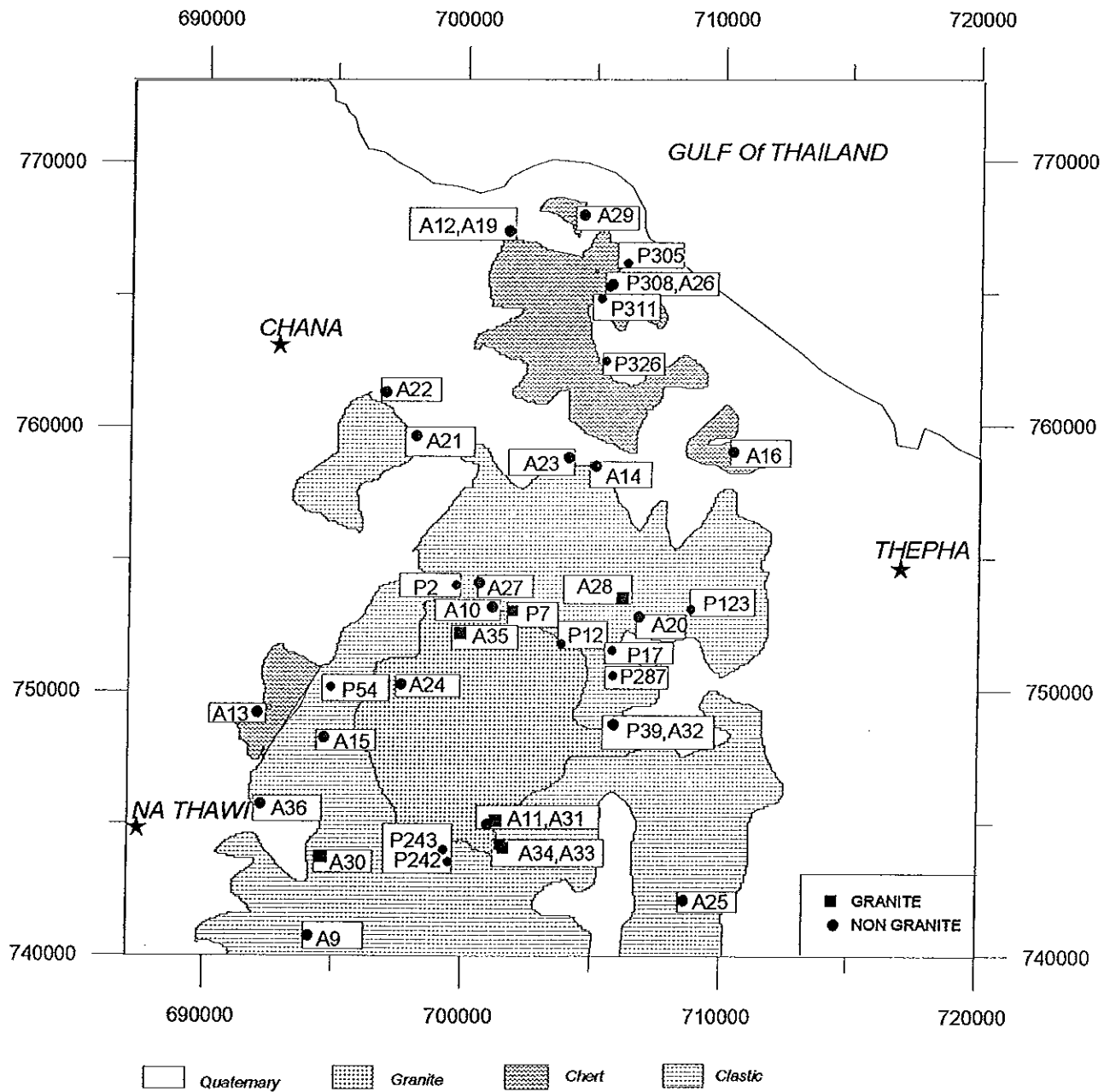


2. ผลการศึกษาความหนาแน่น

การศึกษาความหนาแน่นมีวัตถุประสงค์เพื่อนำความหนาแน่นนี้ไปใช้ในการแปลความ
ค่าศักติโน้มถ่วงสัมบูรณ์

หินตัวอย่างในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ (1) หินแกรนิต
(2) หินปูนแข็งซึ่งประกอบด้วยหินทราย หินดินดานและหินโคลน และ(3) หินเชิร์ต
ประกอบด้วยหินเชิร์ต หินโคลน หินดินดาน หินทรายแป้ง โดยตัวอย่างหินส่วนใหญ่จะเก็บ
จากเส้นทางที่ทำการวัดค่าความถ่วงรวม 40 ตำแหน่ง แสดงในภาพประกอบ 24 แบ่งเป็นหิน
แกรนิต 7 ตำแหน่ง หินปูนแข็ง 23 ตำแหน่งและหินเชิร์ต 10 ตำแหน่ง ในแต่ละ

ภาพประกอบ 24 ตำแหน่งของตัวอย่างหิน



ตำแหน่งจะเก็บหินตัวอย่างประมาณ 1-4 ก้อน

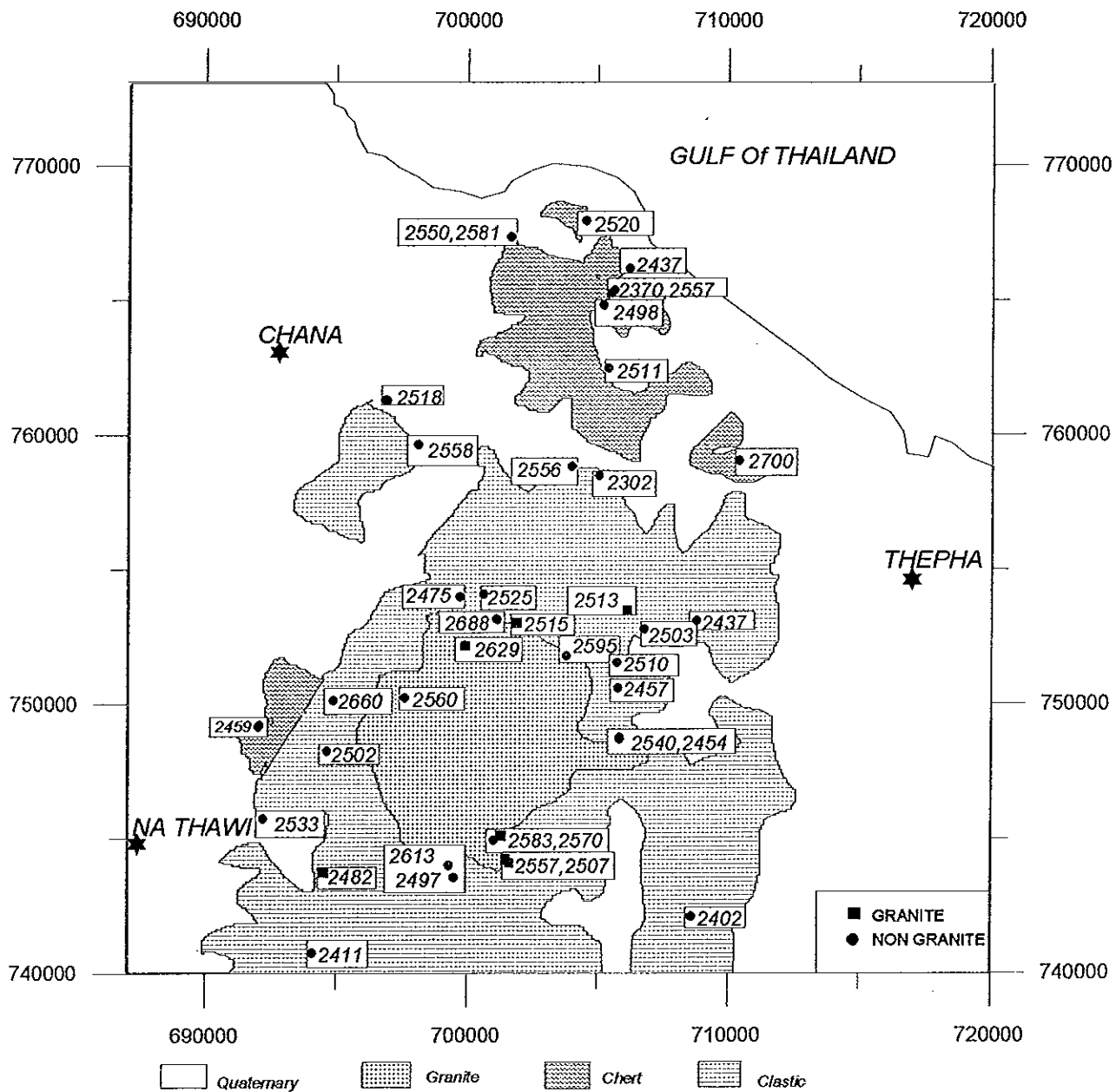
ความหนาแน่นของตัวอย่างหินในพื้นที่ศึกษาแสดงไว้ในภาพประกอบ 25 โดยให้สัญลักษณ์ ■ แทนหินแกรนิต และ ● แทนหินตะกอน ความหนาแน่นเฉลี่ยของหินตัวอย่างแสดงไว้ในตาราง 7 และภาพประกอบ 26

ตาราง 7 ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของหินในพื้นที่ศึกษาวิจัย

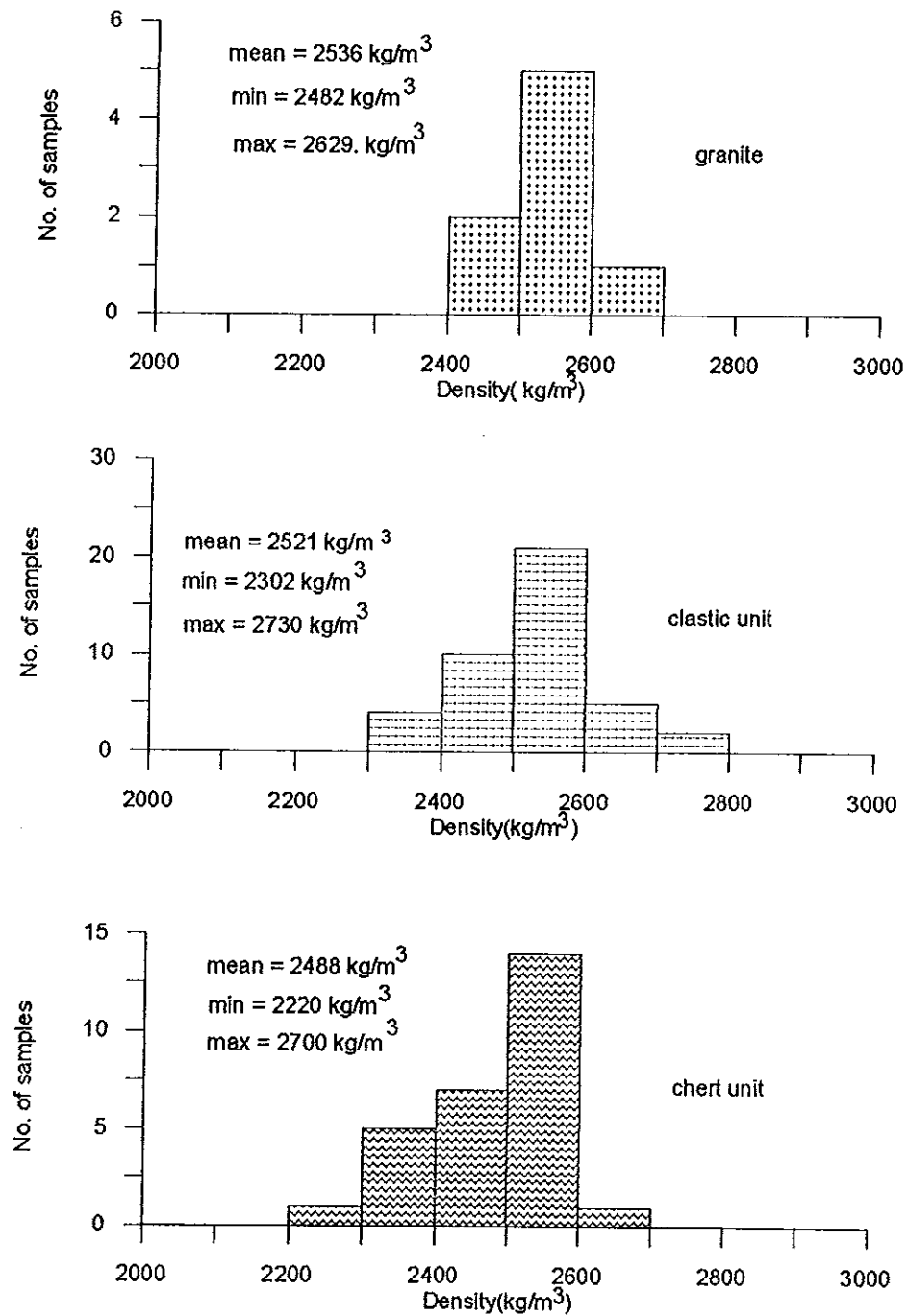
หิน	ความหนาแน่น (kg/m ³) พิสัยของความหนาแน่น	จำนวนตำแหน่ง
แกรนิต	2536±17 2482-2629	7
หมู่หินเศษหิน	2521±19 2307-2688	23
หมู่หินเชิร์ต	2488±28 2437-2700	10

จากตาราง 7 หินแกรนิตมีความหนาแน่นเท่ากับ $2536 \pm 17 \text{ kg/m}^3$ ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นหมู่หินเศษหิน ($2521 \pm 19 \text{ kg/m}^3$) และหมู่หินเชิร์ต ($2488 \pm 28 \text{ kg/m}^3$) ตามลำดับ สำหรับหินควอตซ์นั้นไม่ได้เก็บตัวอย่างหิน เนื่องจากเป็นหินตะกอนที่จับตัวกันอย่างหลวมๆ และความหนาแน่นนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของหินและความพรุน ถึงแม้หินแกรนิตในพื้นที่ศึกษามีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุดแต่มีค่าต่ำกว่าค่าความหนาแน่นสามัญของหินแกรนิตโดยทั่วไปในบริเวณใกล้เคียง (2620 kg/m^3) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าตัวอย่างหินแกรนิตในพื้นที่ศึกษาวิจัยเป็นหินผุ จึงทำให้มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยสูงกว่าหมู่หินเศษหินและหมู่หินเชิร์ตเพียงเล็กน้อย โดยตัวอย่างหินแกรนิตส่วนใหญ่เก็บจากบริเวณรอยสัมผัสของหมู่หินเศษหินและแกรนิตลิวง มีบางตำแหน่งที่หินแกรนิตไปโผล่ในหมู่หินเศษหิน เช่น ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้และทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่วิจัย นอกจากนี้ยังพบว่าหินควอตซ์ไซค์มีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกับหินแกรนิต

ภาพประกอบ 25 ความหนาแน่นของตัวอย่างหิน



ภาพประกอบ 26 การกระจายความหนาแน่นของตัวอย่างหิน



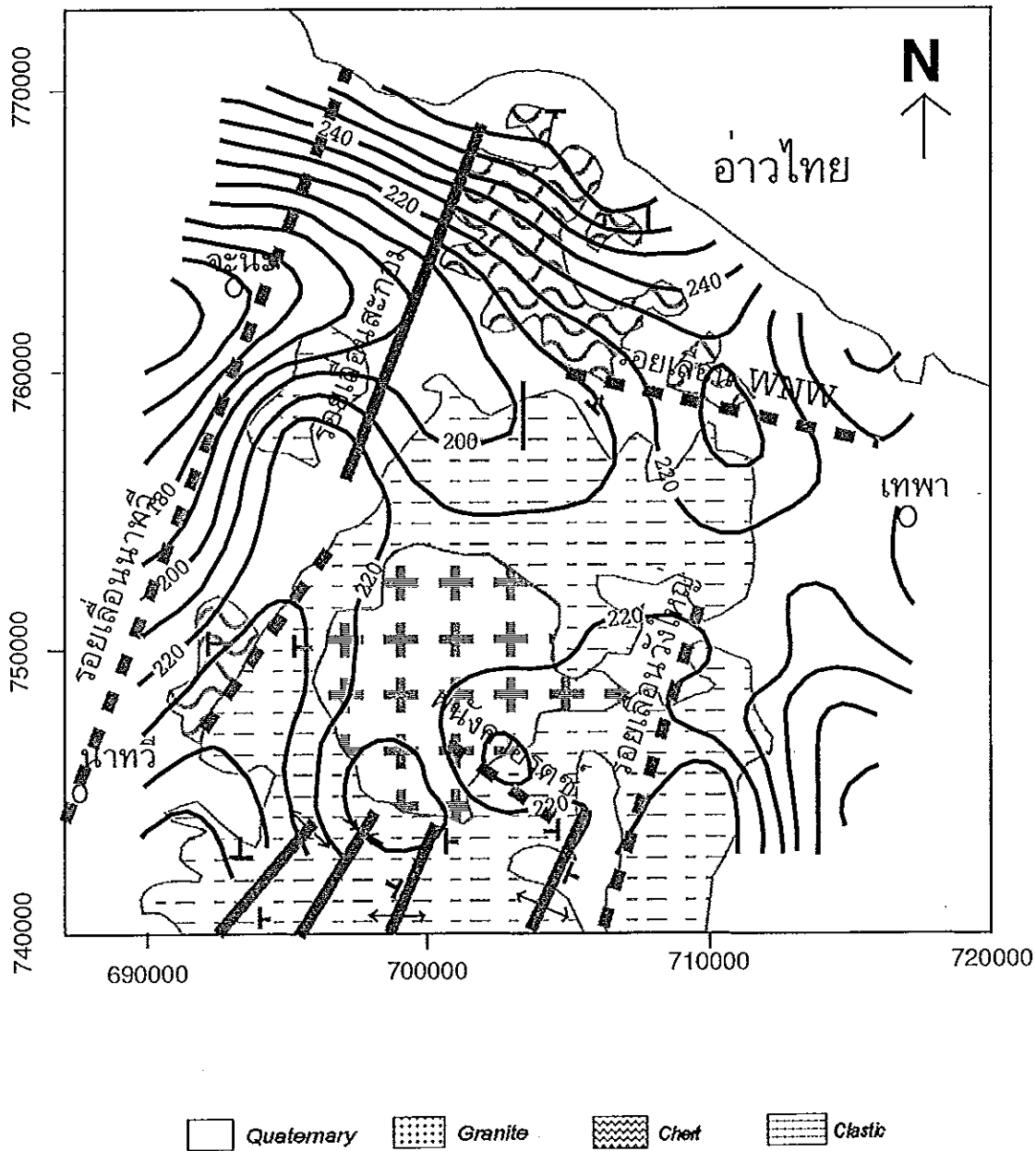
8. แผนที่ความถ่วงของพื้นที่ศึกษา

การศึกษาความถ่วงนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อกำหนดขอบเขตของพลูตอนลิ่ง แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติของพื้นที่ศึกษาวิจัย แสดงไว้ในภาพประกอบ 27 ระหว่างเส้นชั้นค่าผิดปกติเท่ากับ 10 gu โดยทั่วไปค่าผิดปกติของพื้นที่ศึกษาวิจัยมีค่าอยู่ระหว่าง 140-280 gu และพบว่า (1) ค่าผิดปกติความถ่วงที่มีค่าสูง (231-280 gu) ปรากฏอยู่ทางด้านเหนือของพื้นที่ศึกษา เช่น บ้านปากบางสะกอม บ้านเขาน้อย ควนลิ่ง และทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของพลูตอนลิ่ง เช่นที่บ้านวังใหญ่ (2) ค่าผิดปกติความถ่วงที่มีค่าปานกลาง (201-230 gu) พบอยู่บริเวณพลูตอนลิ่ง หรือบริเวณตรงกลางของพื้นที่ศึกษา มีบางส่วนอยู่ติดชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทย และครอบคลุมเนื้อที่กว้างมากที่สุด ได้แก่ บ้านสะพานไม้แก่นตก เขาสูง ควนท่าล้อ ควนลิ่ง บ้านท่าโค บ้านโล๊ะบอน บ้านลำลอง และบ้านคลองหนูน และ (3) ค่าผิดปกติความถ่วงที่มีค่าต่ำ (140-200 gu) ปรากฏอยู่ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา เช่น บ้านทุ่งใหญ่ บ้านใหม่ และบ้านลำไพลใต้ ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของพลูตอนลิ่งค่อนข้างจะมีบริเวณแคบ จะเห็นว่าค่าผิดปกติของความถ่วงบริเวณทิศเหนือหรือบริเวณบ้านทุ่งใหญ่ บ้านปากบางสะกอม บ้านควนดินแดงมีแนว NW-SE บริเวณทิศตะวันตกหรือบริเวณบ้านใหม่ มีคอนทัวร์ค่าผิดปกติความถ่วงเฉียงในแนว SW-NE ส่วนบริเวณพลูตอนลิ่งค่าผิดปกติของความถ่วงมีค่าปานกลาง (201-230 gu) ลักษณะของเส้นคอนทัวร์ค่าผิดปกติของความถ่วงกระจายอยู่และมีลักษณะเป็นวงกลม

เมื่อเปรียบเทียบแผนที่ค่าผิดปกติของความถ่วงกับแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา (ภาพประกอบ 6) จะพบว่าคอนทัวร์ค่าผิดปกติของความถ่วงที่มีค่าสูง (231-280 gu) ปรากฏอยู่ในบริเวณหมู่หินจีร์ต คอนทัวร์ค่าผิดปกติของความถ่วงที่มีค่าปานกลาง (201-230 gu) ซึ่งค่อนข้างจะมีพื้นที่กว้างที่สุด ปรากฏอยู่ในบริเวณของหมู่หินเศษชิ้นและหินแกรนิตหรือพลูตอนลิ่งและคอนทัวร์ค่าผิดปกติของความถ่วงที่มีค่าต่ำ (140-200 gu) ปรากฏอยู่ในบริเวณหินตะกอนควอเทอร์นารี แต่มีพื้นที่ปกคลุมด้วยตะกอนควอเทอร์นารีบางบริเวณที่มีค่าความถ่วงสูง คาดว่าอาจเป็นเพราะหินซึ่งมีค่าความหนาแน่นสูงวางอยู่ข้างล่างในระดับดิน จะเห็นว่าในบริเวณหินแกรนิต คอนทัวร์ค่าผิดปกติของความถ่วงไม่ได้มีค่าสูงสุด แต่มีค่าปานกลางค่อนข้างสูง และบริเวณที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติของความถ่วงมีค่าปานกลางนี้รวมบริเวณของหมู่หินเศษชิ้นด้วย

จากการเปรียบเทียบแผนที่ความถ่วงผิดปกติสัมพันธ์กับแผนที่โครงสร้างทางธรณีวิทยา (ภาพประกอบ 7) พบว่ารอยเลื่อนวังใหญ่ และรอยเลื่อนนาทวีควรจะมีความยาวจำกัด

ภาพประกอบ 27 แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบึงเกอร์สัมบูรณ์ในหน่วย gu ช้อนทับบน
แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



แต่ตรวจไม่พบรอยเลื่อนสะกอม รอยเลื่อน WNW และรอยเลื่อนบริเวณขอบของหมู่หินเศษ
ชิ้นทางทิศตะวันตกจากการศึกษาความถ่วง ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะสมบัติทางกายภาพทั้งสอง
ด้านของรอยเลื่อนเหล่านี้ไม่แตกต่างกัน

4. แผนที่ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกของพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ
กำหนดขอบเขตของฟลูตอนลิวเจนกัน

คอนทัวร์ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลก(survey A) ลักษณะเป็นวงรีและ
มีแนวอยู่ในทิศ NE-SW ดังภาพประกอบ 28 โดยปรากฏอยู่ตรงรอยต่อฟลูตอนลิวกับหมู่หิน
เศษชิ้นทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของฟลูตอนลิว

ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกใน survey C ในภาพประกอบ 29
ปรากฏในหลายตำแหน่งด้วยกันนอกเหนือจากที่ตำแหน่งเดียวกับค่าผิดปกติของสนามแม่
เหล็กรวมของโลกของ survey A แล้ว ยังตรวจพบในบริเวณ ตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ และ
ตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ที่ทำการศึกษาก็ด้วย

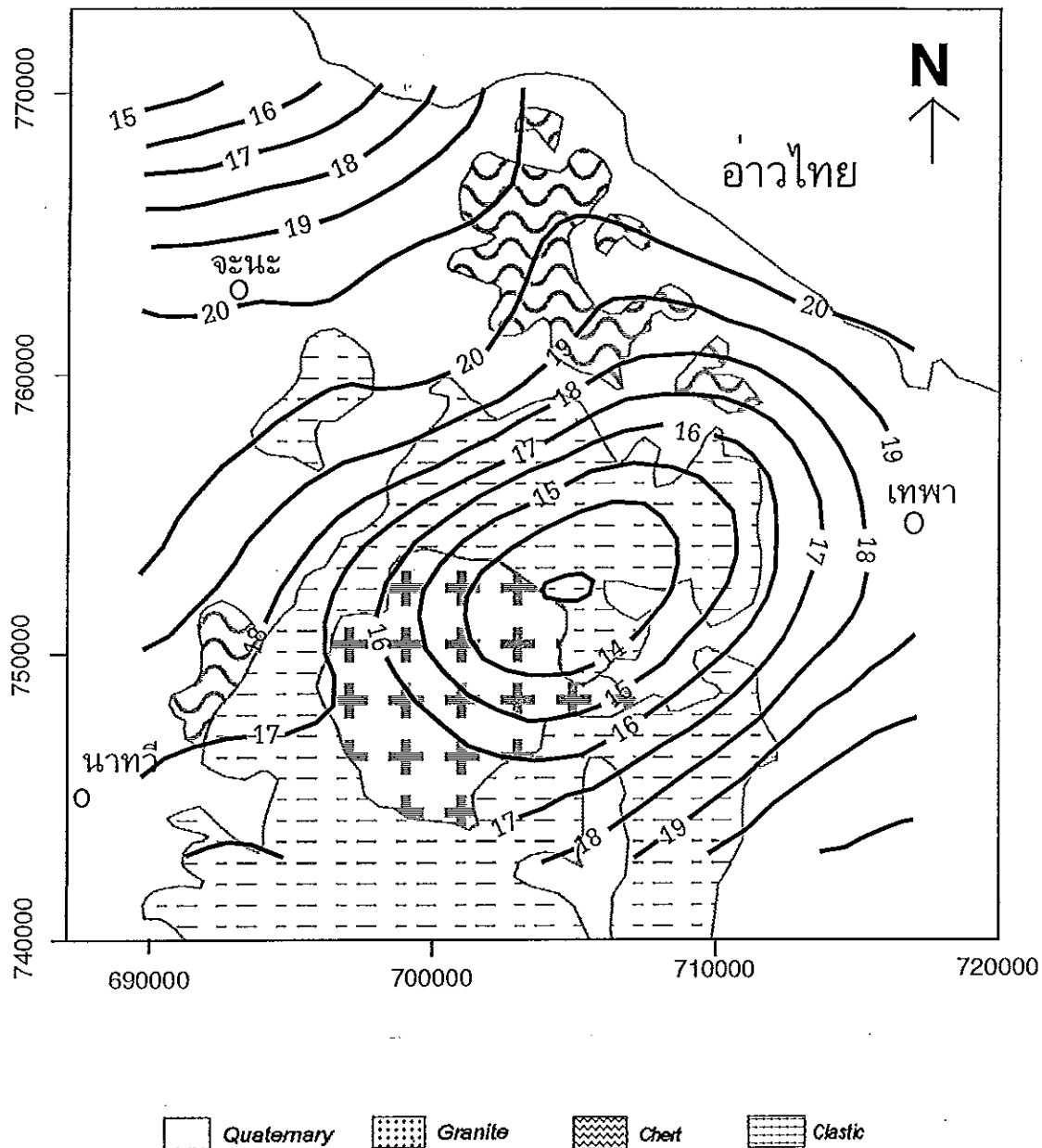
เมื่อเปรียบเทียบแผนที่ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลก ในภาพประกอบ
29 กับแผนที่ธรณีวิทยา(ภาพประกอบ 6) พบว่า (1) ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กโลกต่ำสุด
(10-15 nT)ปรากฏอยู่บริเวณฟลูตอนลิวและหมู่หินเศษชิ้นในส่วนที่ติดกับฟลูตอนลิวไปทาง
ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (2) ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กโลกปานกลาง (16-21 nT) พบอยู่ใน
พื้นที่บางส่วนของฟลูตอนลิว และบางส่วนของหมู่หินเศษชิ้นรอบๆ ฟลูตอนลิว และยังพบ
ในบริเวณที่ปกคลุมด้วยตะกอนควอเตอร์นารีอีกด้วย (3) ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กโลกสูงสุด
(22-27 nT) อยู่บริเวณที่ปกคลุมด้วยควอเตอร์นารีรอบ ๆ หมู่หินเศษชิ้น

จากข้อมูลการวัดค่าสภาพรับไว้ได้ของแม่เหล็กในพื้นที่ศึกษาดังภาพประกอบ 30
พบว่าหินแกรนิตซึ่งได้ทำการวัดเพียงตำแหน่งเดียวมี ค่าโดยเฉลี่ย 0.00114 SI หมู่หินเศษชิ้น
มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.0004 SI และหมู่หินชีรต์มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.00 SI

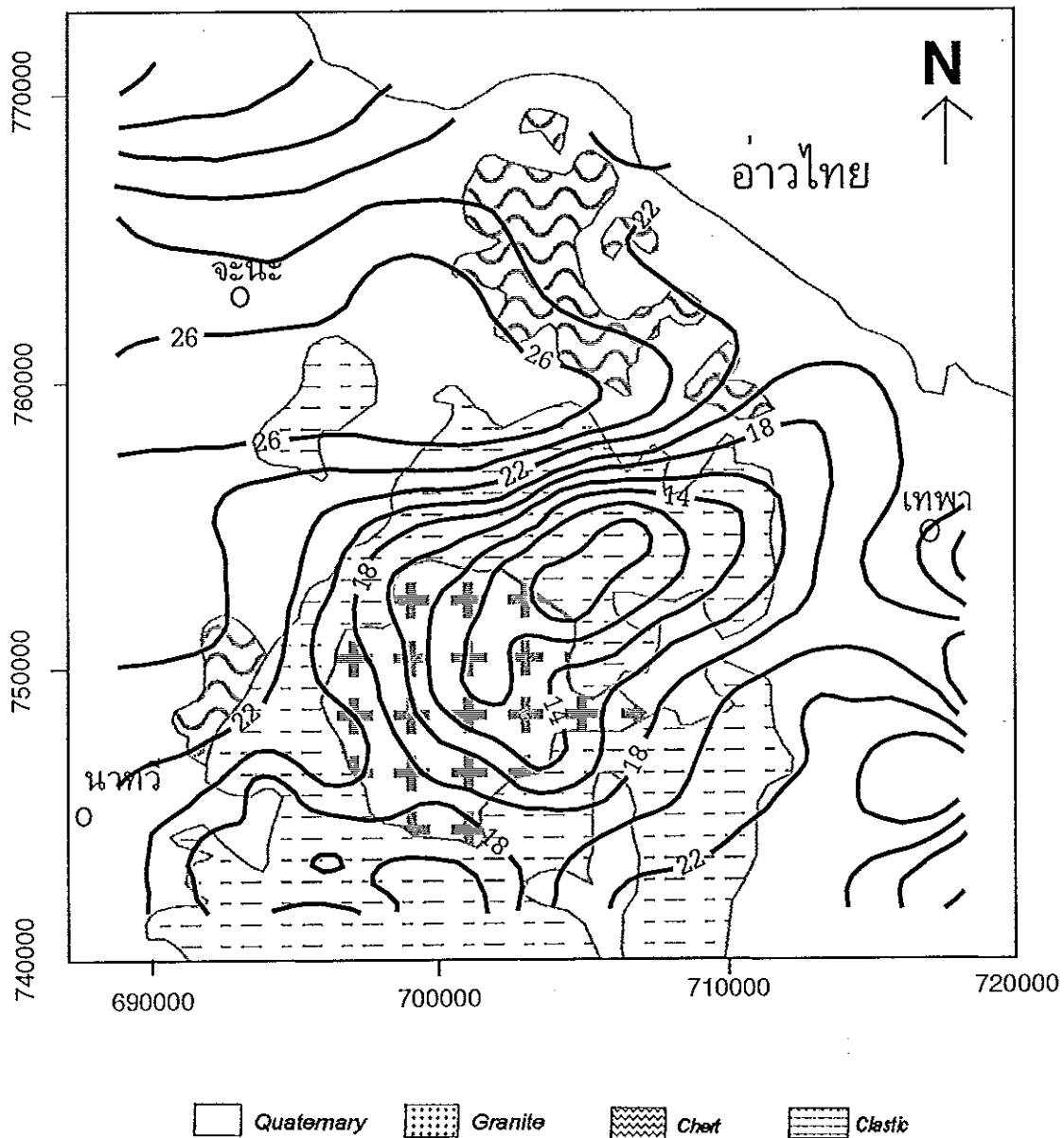
5. การแปลความแผนที่ความถ่วงและแผนที่ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกในเชิง ปริมาณ

การแปลความผลจากการศึกษาความถ่วงและความเข้มสนามแม่เหล็กรวมของโลก
มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดขอบเขตของฟลูตอนลิวทั้งในแนวราบและในแนวดิ่ง

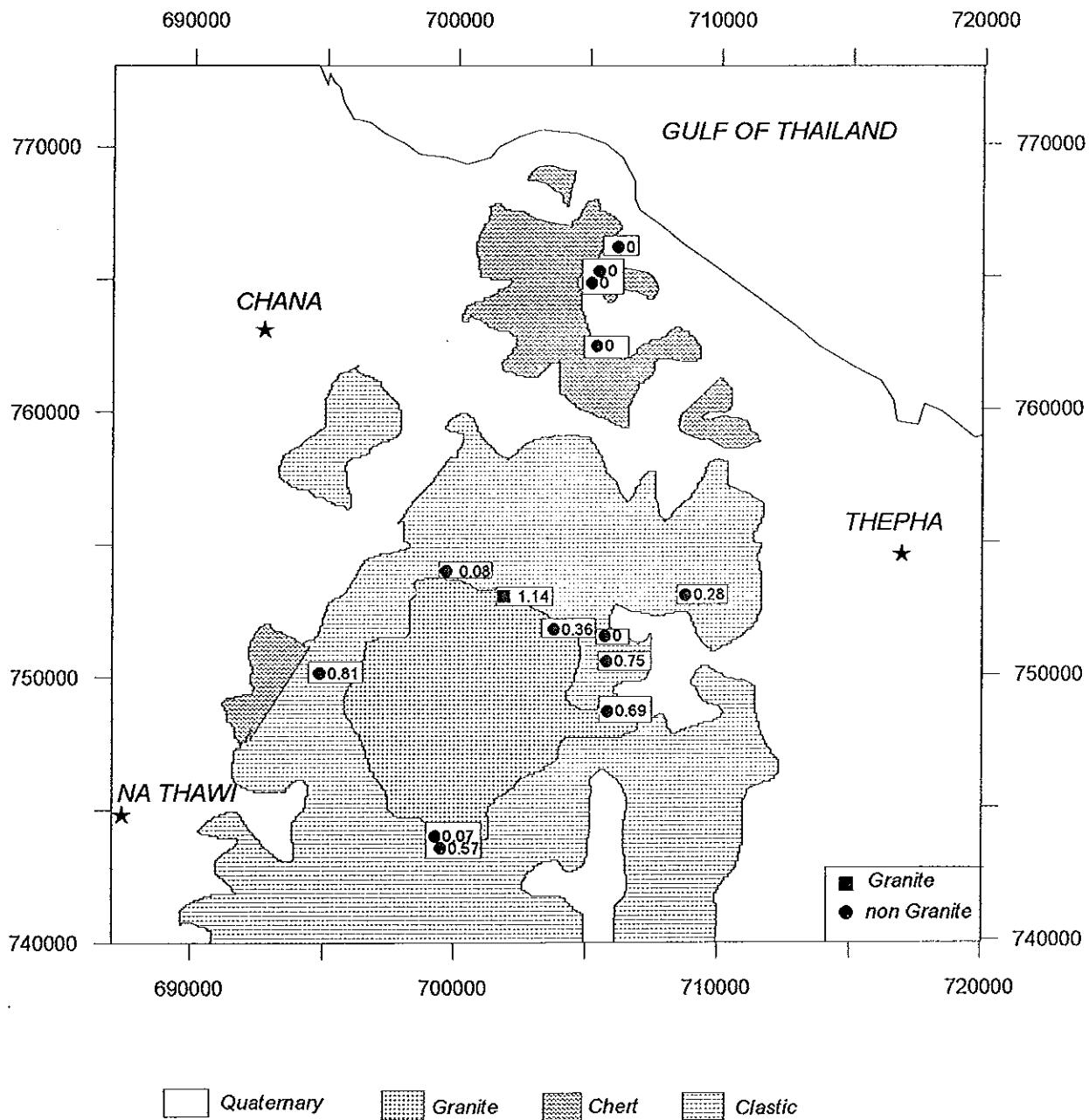
ภาพประกอบ 28 แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กโลกรวม (Survey A) ใน
หน่วย nT ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 29 แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กโลกรวม (Survey C) ใน
หน่วย nT ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 30 ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของหินตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาวิจัย



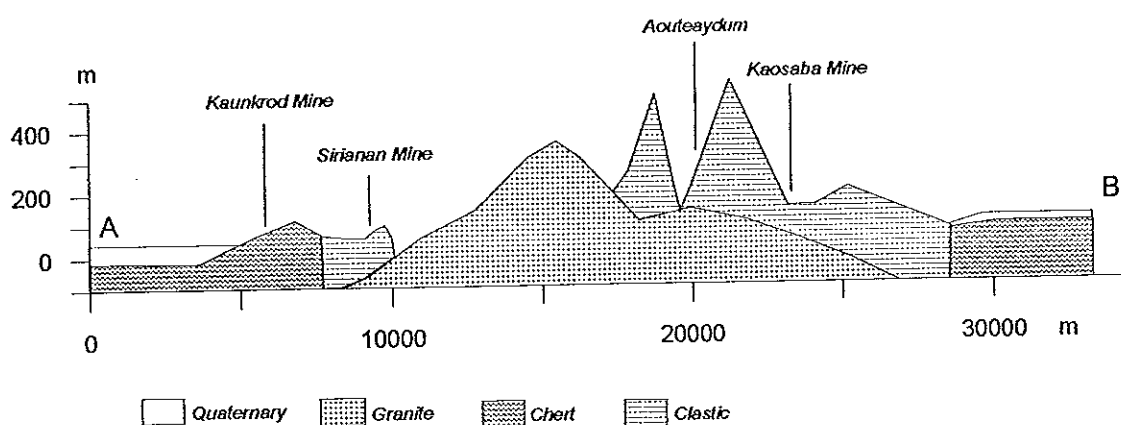
5.1 แบบจำลอง "พลูตอนลิวเคิม"

ธงชัย พึ่งรัมย์(2535) ได้ทำการศึกษาด้านธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษานี้ ตลอดจน ลักษณะทางธรณีวิทยาแหล่งแร่ของเหมืองแร่ในพื้นที่ศึกษา วิเคราะห์ตัวอย่างหิน ตรวจชนิดแร่ วิเคราะห์ทางเคมีหาปริมาณของธาตุต่าง ๆ วิเคราะห์ทางเคมีหาปริมาณของธาตุสืบดู

ขอบเขตของพลูตอนลิวจากผลการศึกษาทางธรณีวิทยาแสดงไว้ในแผนที่ ธรณีวิทยา (ภาพประกอบ 6) และภาคตัดขวางในแนว AB ในภาพประกอบ 31 ตั้งแต่ 687000 E 747692.3 N ถึง 720000 E, 78076.92 N จากทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปตะวันออกเฉียงเหนือ ผ่านหินควอเทอร์นารี เหมืองควนกรดซึ่งอยู่บนหินควอเทอร์นารี หินเชิร์ต เหมืองสิริอนันต์ ซึ่งอยู่บนหมู่หินเศษชิ้น หินแกรนิต (พลูตอนลิว) อ่าวเตยคำซึ่งพบว่าเป็นบริเวณที่มีหินแกรนิตโผล่ (โผล่ในแนวราบครอบคลุมเนื้อที่ประมาณ 50x50 m². ที่ระดับความสูง 100-120 เมตร) เหมืองเกาะสะบ้าซึ่งอยู่บนหมู่หินเศษชิ้น และหินควอเทอร์นารีซึ่งอยู่บนหมู่หินเชิร์ต ภาคตัดขวางในแนว AB นี้ค่าผิดปกติของความถ่วงมีค่าปานกลางและมีค่าลดลงจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาพประกอบ 31 ภาคตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนว AB

(ที่มา : ธงชัย พึ่งรัมย์, 2535)



จากการนำภาคตัดขวางมาสร้างแบบจำลองธรณีวิทยาได้ระดับน้ำทะเล โดยใช้ ข้อมูลค่าผิดปกติของความถ่วง และข้อมูลค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกด้วย

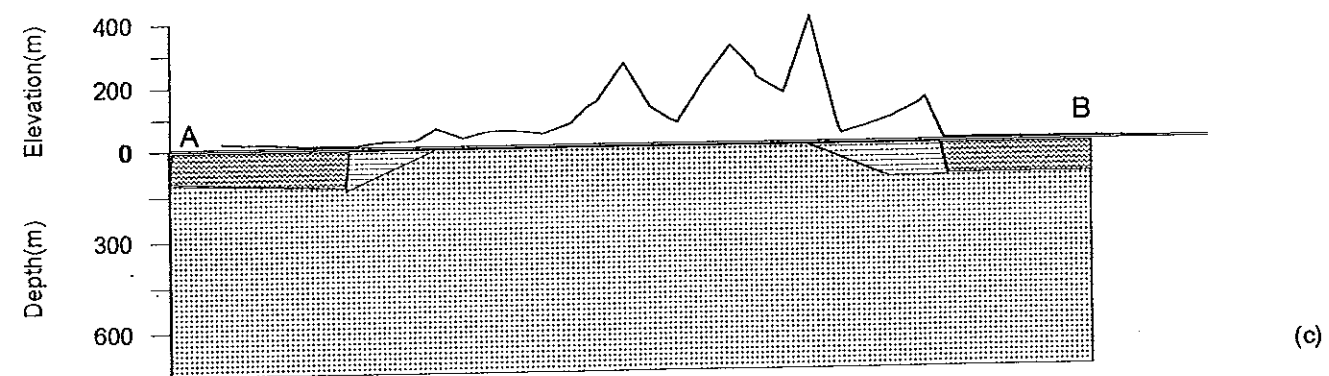
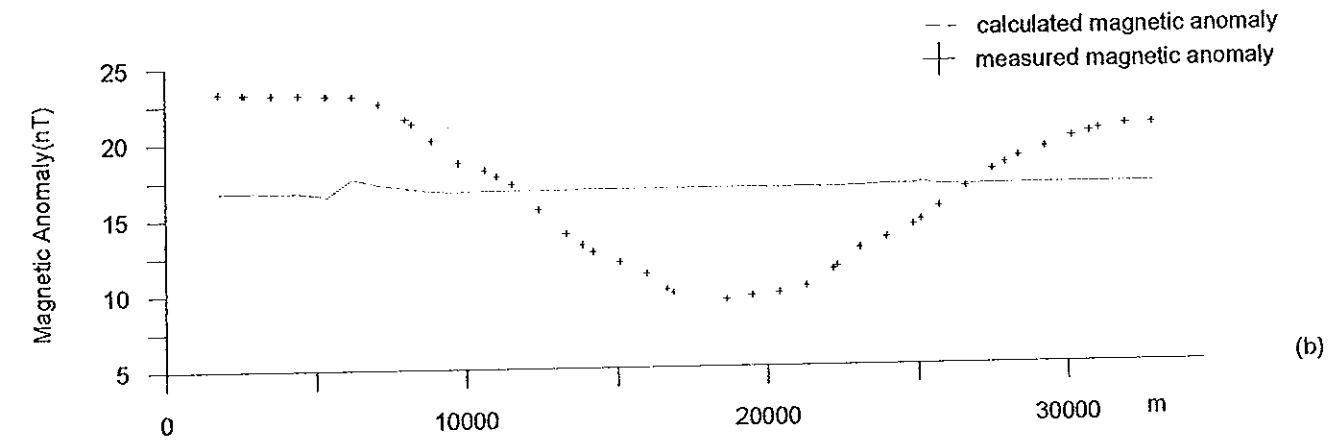
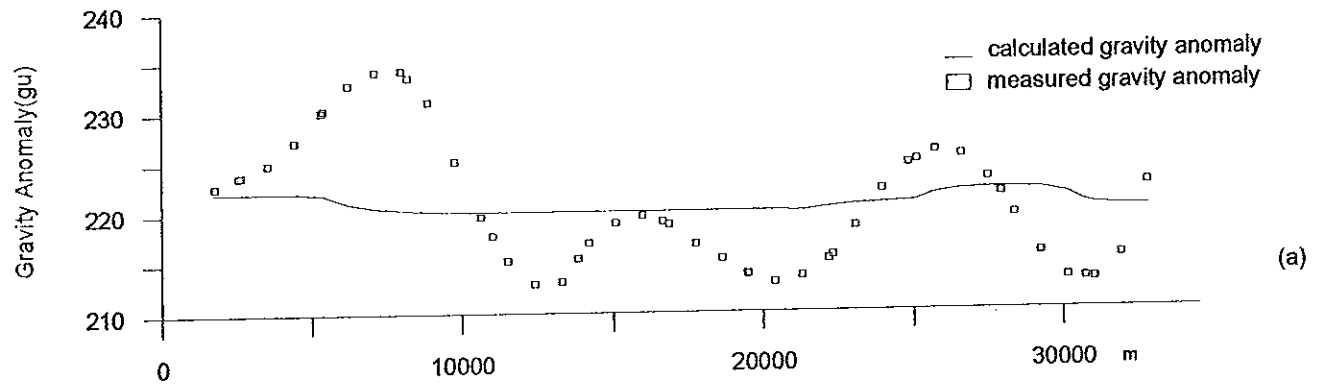
โปรแกรม GMM โดยใช้ค่าความหนาแน่น และค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของหินแกรนิต หินหินเศษชิ้นและหินหินเชิร์ตคังตาราง 4 ได้ตั้งภาพประกอบ 32 โดยให้สัญลักษณ์ — แทนค่าผิดปกติของความถ่วงที่คำนวณโดยโปรแกรม GMM จากแบบจำลองของพลูตอนี่สร้างขึ้น-----แทนค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่คำนวณโดยโปรแกรม GMM จากแบบจำลองของพลูตอนี่สร้างขึ้น □ แทนค่าผิดปกติของความถ่วงที่ได้จากการวัดในสนาม + แทนค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่ได้จากการบินสำรวจ

จากภาคตัดขวางที่กำหนดให้หินแกรนิตมีความต่อเนื่องจากผิวดินไปยังระดับลึกโดยมีหินหินเศษชิ้นและหินหินเชิร์ตขนาดอยู่ 2 ข้างของหินแกรนิต (ธงชัย พึ่งรัศมี, 2535) พบว่าค่าผิดปกติของความถ่วงและค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกในแนว AB ที่คำนวณได้จากแบบจำลองของพลูตอนี่สร้างขึ้นไม่สอดคล้องกับค่าผิดปกติของความถ่วงและค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่วัดได้กล่าวคือ ค่าผิดปกติของความถ่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองในแนว AB มีค่าสม่ำเสมอประมาณ 223 gu ในขณะที่ค่าผิดปกติของความถ่วงที่วัดได้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดแนว กล่าวคือบริเวณทิศตะวันตกเฉียงใต้ของแนวมีค่าประมาณ 234 gu ที่ระยะ 7,500 เมตร และลดต่ำลงเป็นค่าประมาณ 212 gu ที่ระยะ 13,000 และ 21,000 เมตร จาก A บริเวณขอบของพลูตอนี่สร้างขึ้นและที่ระยะ 165,000 เมตร จาก A หรือภายในบริเวณพลูตอนี่สร้างขึ้นมีค่าผิดปกติของความถ่วงประมาณ 220 gu และมีค่าสูงประมาณ 227 gu ที่ระยะ 26,000 เมตร ลดต่ำลงเป็น 212 gu ที่ระยะ 31,000 เมตร และเพิ่มสูงเป็น 222 gu ที่ปลายตะวันออกเฉียงเหนือของแนว AB ในทำนองเดียวกันค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลก ที่คำนวณได้จากแบบจำลองพลูตอนี่สร้างขึ้นมีค่าสม่ำเสมอประมาณ 17 nT ตลอดแนว ในขณะที่ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่วัดได้ 23 nT ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของแนว และลดต่ำลงเป็น 10 nT ที่ระยะ 18,000 เมตร หรือภายในบริเวณพลูตอนี่สร้างขึ้นและมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็นประมาณ 20 nT ที่ปลายด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแนว(ปลาย B)

5.2 แบบจำลอง "พลูตอนี่สร้างขึ้น 1"

เนื่องจากค่าความถ่วงผิดปกติและค่าสนามแม่เหล็กรวมผิดปกติที่คำนวณจากการใช้แบบจำลองที่ได้จากการศึกษาทางธรณีวิทยาของ ธงชัย พึ่งรัศมี (2535) ในแนว AB ไม่สอดคล้องกับข้อมูลค่าผิดปกติของความถ่วงและค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวม ที่ได้จากการวัดจึงได้ปรับปรุงแบบจำลองในแนว AB เสียใหม่ โดยกำหนดว่าในบริเวณซึ่งค่าผิดปกติของความถ่วงมีค่าสูงจะต้องมีมวลหินที่มีความหนาแน่นมาก (มากกว่าแกรนิต หินหินเศษชิ้นและหินหินเชิร์ต) แทรกคั่นตัวขึ้นมาในระดับดิน บริเวณใดที่ค่าผิดปกติของความ

ภาพประกอบ 32 แบบจำลอง "พลูตอนถ่วงเค็ม" ในแนว AB



Susceptibility SI	Density kg/m ³
0.000001	2488
0.0004	2521
0.00114	2536

ถ่วงมีค่าต่ำ มวลที่มีความหนาแน่นมากนั้นวางตัวอยู่ในระดับลึก มวลความหนาแน่นมากนี้ กำหนดให้เป็นหินแกรนิตสงขลา (ความหนาแน่นประมาณ 2620 kg/m^3) ซึ่งปรากฏเป็นแนวเทือกเขาอยู่ห่างจากพื้นที่ศึกษาวิจัยในทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 20 กม.ความหนาแน่นและค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของหินแกรนิตส่วนบน(แกรนิตลิว) หินแกรนิตส่วนล่าง(แกรนิตสงขลา) หมู่หินเศษชิ้น หมู่หินเชิร์ต และหินควอเทอร์นารีตามในตาราง 4

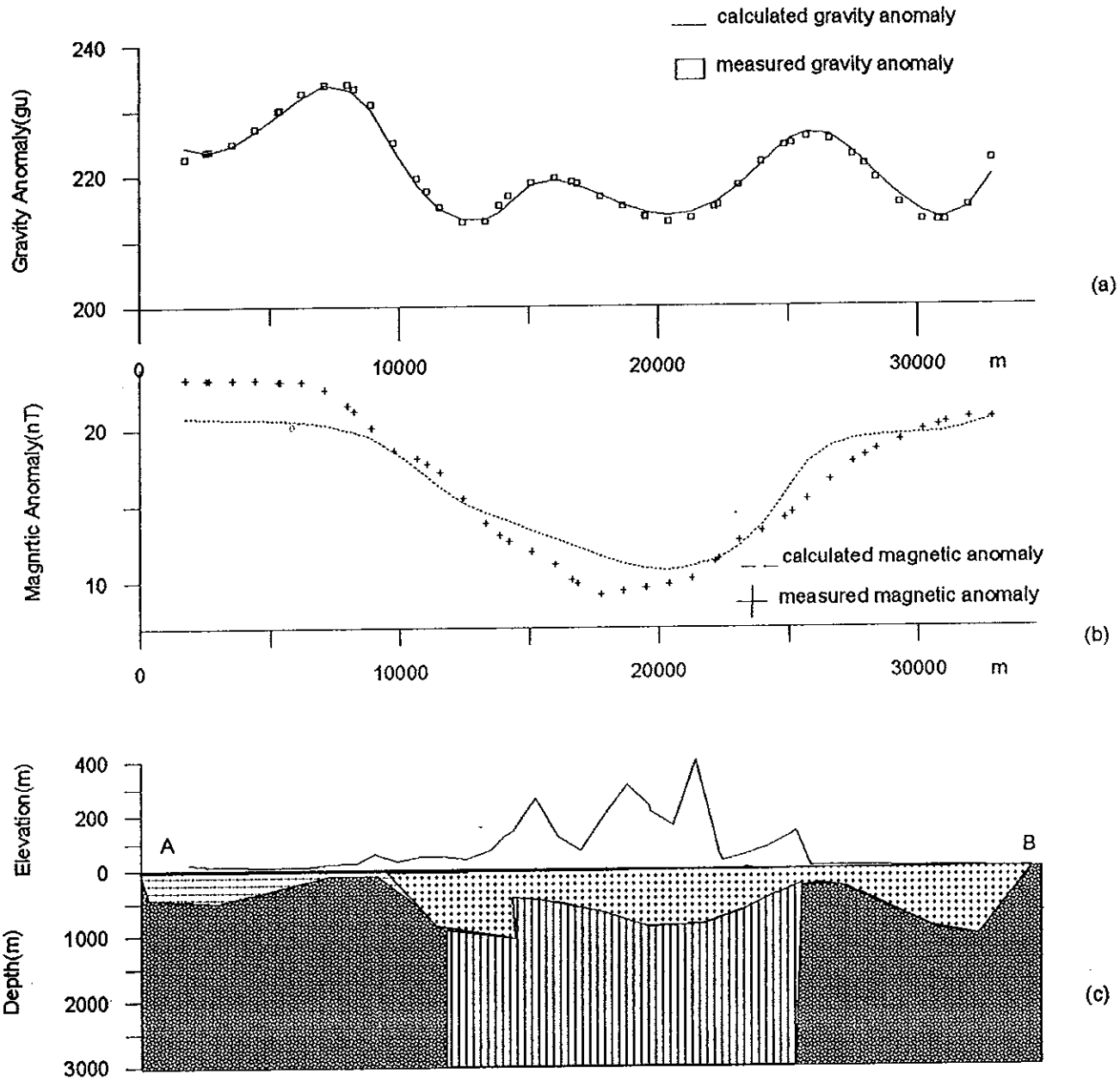
ภาพประกอบ 33 แสดงภาคตัดขวางของค่าผิดปกติของความถ่วง และค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กในแนว AB พร้อมภาคตัดขวางของแบบจำลองของพลุดอนลิวที่ได้ปรับปรุง โดยกำหนดให้มีการแทรกคั่นขึ้นมาจากแกรนิตสงขลาในระดับดินที่ด้านตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือของแนวในบริเวณที่ค่าผิดปกติของความถ่วงและสนามแม่เหล็กรวมมีค่าสูง โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นจะประกอบด้วยหมู่หินเศษชิ้นหนาประมาณ 1 กิโลเมตรยาวประมาณ 30 กิโลเมตรและมีแกรนิตพลุดอนยาวประมาณ 25 กิโลเมตรหนาประมาณ 800 เมตรแทรกคั่น หมู่หินเศษชิ้นไหลขึ้นมาถึงระดับน้ำทะเลปานกลาง (0 เมตร) สำหรับในระดับลึกลงไปได้กำหนดให้แกรนิตลิวมีความหนาแน่นเท่ากับแกรนิตสงขลา คือ 2620 kg/m^3 มีลักษณะเป็นลำไปถึงระดับความลึก 30 กิโลเมตร

ค่าผิดปกติของความถ่วงและสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่คำนวณได้จากแบบจำลองสอดคล้องกับค่าผิดปกติทั้งสองที่วัดได้ ซึ่งในแบบจำลองนี้ต้องกำหนดให้พลุดอนลิวมีความลึกต่อเนื่องลงไปถึง 30 กิโลเมตร แต่เนื่องจากอุณหภูมิของโลกจะเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความลึก 30°C ต่อ 1 กิโลเมตร (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาธรณี, 2527) ดังนั้นที่ระดับความลึก 30 กิโลเมตร อุณหภูมิของโลกจะสูงขึ้นเป็น 900°C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิคูรี (Curie temperature) ของแมกนีไทต์ (575°C) จะส่งผลให้พลุดอนลิวที่ระดับลึกสูญเสียอำนาจแม่เหล็ก และค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กที่คำนวณได้จากแบบจำลองไม่สอดคล้องกับค่าผิดปกติที่วัดได้ แบบจำลองลิวพลุดอน 1 จึงไม่เหมาะสม และควรได้รับการปรับปรุงเพิ่มเติม

5.3 แบบจำลอง "พลุดอนลิว 2"

แบบจำลองของพลุดอนลิว 2 พัฒนาปรับปรุงมาจากแบบจำลองพลุดอนลิว 1 โดยกำหนดให้พลุดอนลิวมีความลึกจำกัด โดยจำแนกหินแกรนิตเป็น 2 ส่วนคือแกรนิตพลุดอนลิวซึ่งอยู่ส่วนบนแทรกซอนอยู่ในหมู่หินเศษชิ้นยุคไทรแอสซิก และแกรนิตสงขลาซึ่งเป็นฐานรองรับอยู่ข้างล่างแกรนิตพลุดอนและตะกอนไทรแอสซิก ความหนาแน่นของหินแกรนิตพลุดอนเท่ากับ 2536 kg/m^3 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นหินตัวอย่างในพื้นที่ที่

ภาพประกอบ 33 แบบจำลอง "ฟลูตอลิง 1" ในแนว AB



Susceptibility SI	Density kg/m ³
0.0004	2521
0.001137	2536
0.000001	2620
0.001137	2620

ทำการศึกษา ส่วนหินแกรนิตสงขลา กำหนดให้มีความหนาแน่นเท่ากับ 2620 kg/m^3 (Lohawijarn, 1992) ความหนาแน่นหินทรายชั้น 2521 kg/m^3 หินควอเทอร์นารี 2100 kg/m^3 (Lohawijarn, 1992) สำหรับค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของหินแกรนิตพลูตอนทั่วไควอาจมีค่าน้อยเกินไปเนื่องจากหินมีความสูง จึงได้กำหนดให้มีความเท่ากับ 0.006 SI สำหรับหินแกรนิตสงขลาได้ใช้ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเท่ากับ 0.00 SI (Sano et al., 1985) หินทรายชั้นมีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก 0.0004 SI ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวัดหินโผล่ในพื้นที่ทำการศึกษา ส่วนหินควอเทอร์นารีกำหนดให้มีความสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเท่ากับ 0.00 SI

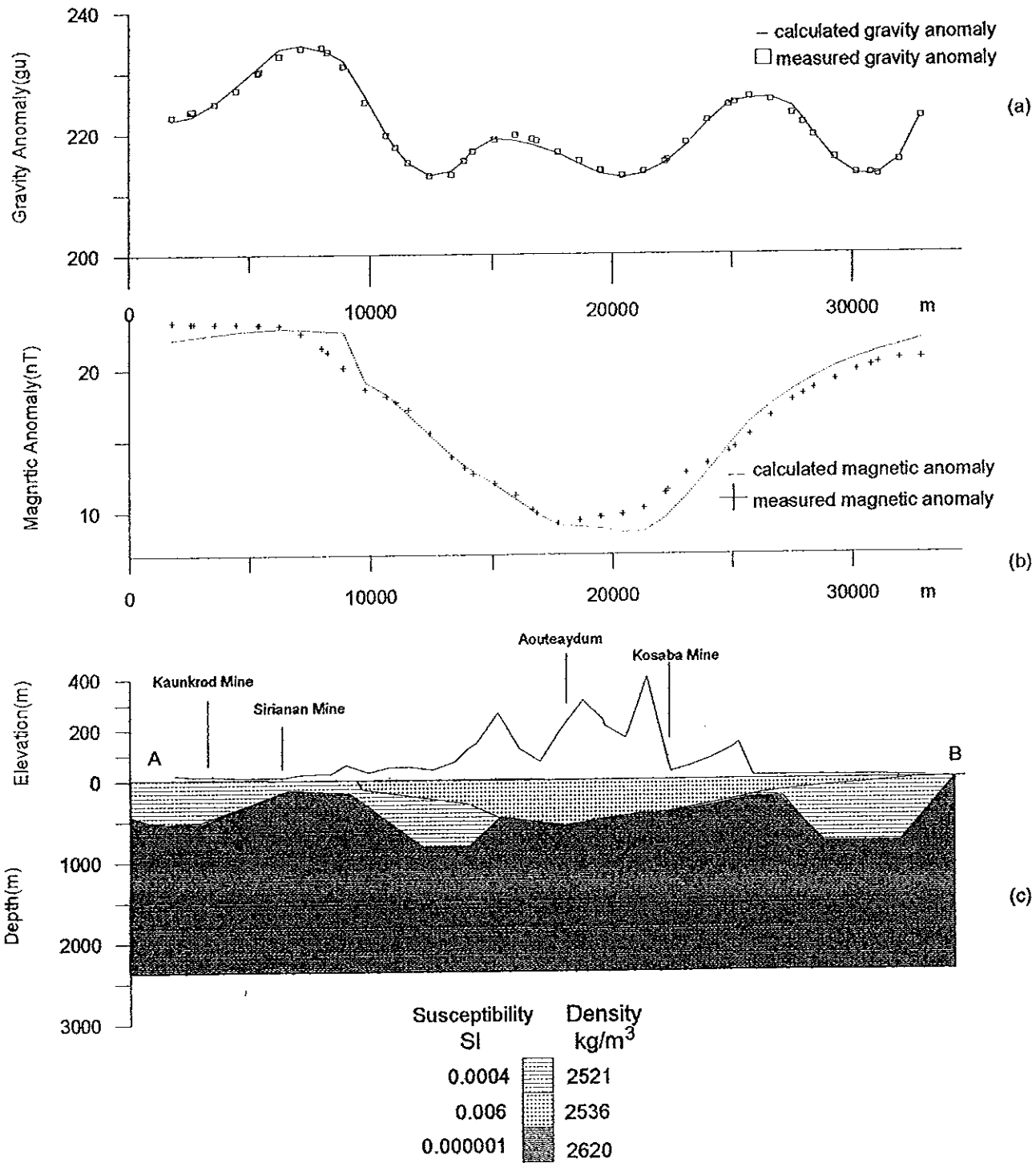
5.3.1 ภาควัดขวางของมวลผิดปกติในแนว AB (ภาพประกอบ 34)

ภาควัดขวางค่าผิดปกติของความถ่วงในแนว AB นี้มีลักษณะคล้ายลอนลูกคลื่นที่มีค่าสูงและต่ำสลับกันไป โดยค่าผิดปกติของความถ่วงที่มีค่าสูงประมาณ 230 gu ปรากฏอยู่ที่ระยะ $6,000\text{-}9,000$ เมตร จากจุด A และมีค่าประมาณ 225 gu ที่ระยะ $25,000\text{-}28,000$ เมตร จากจุด A สำหรับค่าผิดปกติของความถ่วงที่มีค่าต่ำ เฉลี่ยประมาณ 215 gu ปรากฏอยู่ระหว่าง $11,000\text{-}22,000$ เมตร ซึ่งอยู่ประมาณตอนกลางของภาควัดขวาง AB และอยู่ระหว่าง $29,000\text{-}32,000$ เมตร ในขณะที่ภาควัดขวางค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกจะมีค่าประมาณ 13 nT บริเวณตอนกลางของภาควัดขวาง ($12,000\text{-}27,000$ เมตร) และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นไปทางด้านปลายทั้งสองของภาควัดขวาง กล่าวคือมีค่าประมาณ 25 nT ที่ปลายด้านตะวันตกเฉียงใต้ (A) และ 20 nT ที่ปลายด้านตะวันออกเฉียงเหนือ (B) จึงได้สร้างแบบจำลองให้มีการแทรกกันขึ้นมาจากแกรนิตสงขลา ขึ้นในระดับดินทั้งทางด้านตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือของภาควัดขวาง AB นี้ ส่วนบริเวณตอนกลางของแนวแกรนิตสงขลาวางตัวอยู่ในระดับลึก และให้หินทรายชั้นหนาประมาณ 700 เมตร ยาวประมาณ 35 กิโลเมตร วางตัวยาวตามแนวนี้ และมีแกรนิตพลูตอนหนาประมาณ 450 เมตร ยาวประมาณ 20 กิโลเมตร แทรกซ้อนอยู่ในหินทรายชั้นระหว่างระยะ $10,000\text{-}32,000$ เมตร

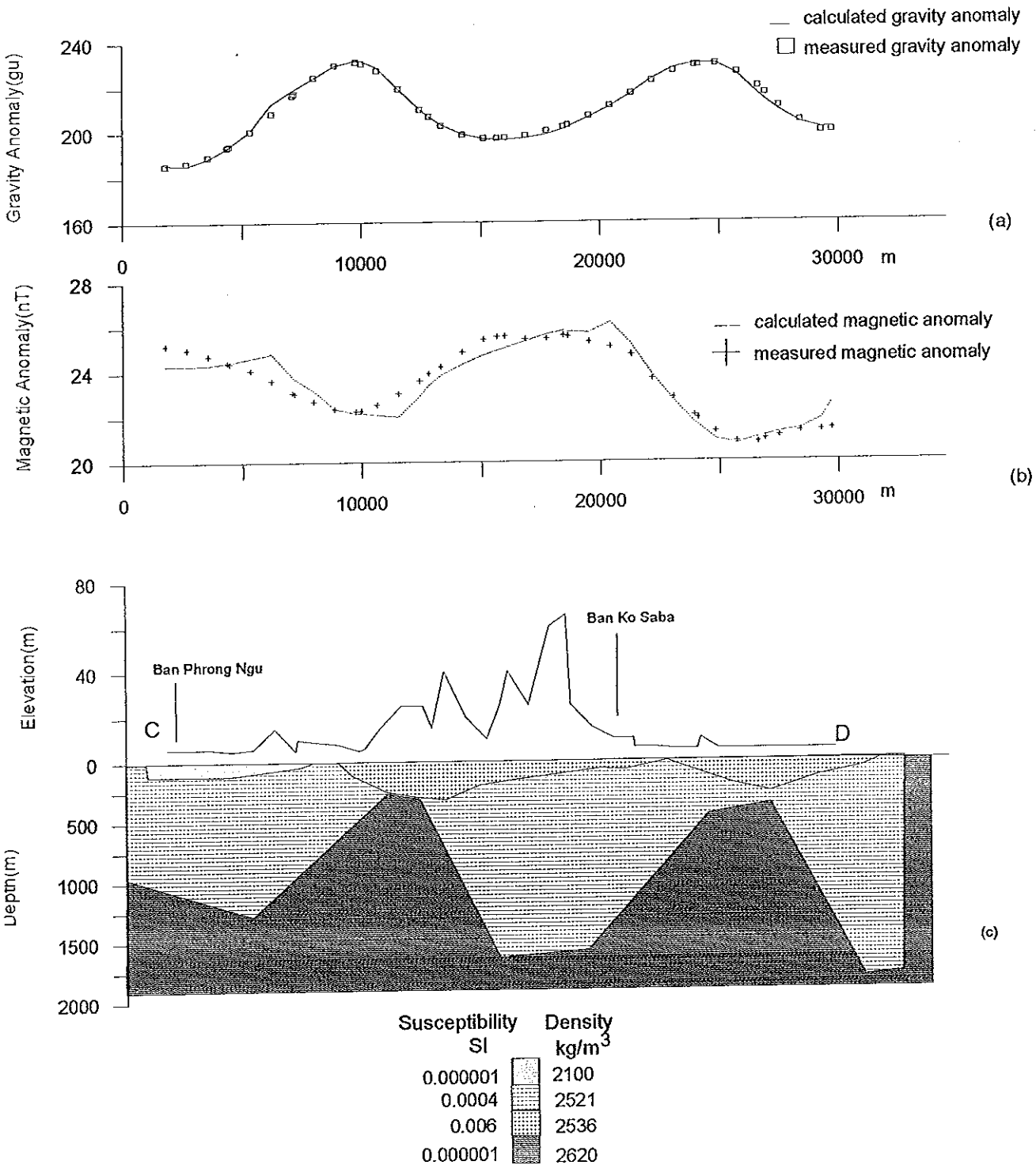
5.3.2 ภาควัดขวางของมวลผิดปกติแนว CD (ภาพประกอบ 35)

ภาควัดขวางค่าผิดปกติของความถ่วงในแนวนี้ยังคงมีลักษณะสูงและต่ำสลับกันไปเช่นกัน โดยค่าผิดปกติมีค่าสูงที่ระยะประมาณ $7,000\text{-}12,000$ เมตรและที่ระยะ $23,000\text{-}26,000$ เมตร โดยมีค่าประมาณ 230 และค่าผิดปกติของความถ่วงที่มีค่าต่ำ ปรากฏอยู่ที่ปลายด้านตะวันตกเฉียงใต้ (C) ปลายด้านตะวันออกเฉียงเหนือ (D) และที่ระยะ $12,000\text{-}21,000$ เมตร โดยมีค่าประมาณ 185 gu , 190 gu และ 190 gu ตามลำดับ สำหรับค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกในแนว CD นี้มีลักษณะสูงและต่ำสลับกันเช่นกัน โดยมีค่าสูงที่ปลายด้าน

ภาพประกอบ 34 แบบจำลอง "ฟลูตอนลิ่ง 2" ในแนว AB



ภาพประกอบ 35 แบบจำลอง "พลูตอนลิ่ง 2" ในแนว CD



ตะวันตกเฉียงใต้ และที่ระยะ 13,000-22,000 เมตร โดยมีค่าประมาณ 26 nT และมีค่าที่ระยะ 8,000-12,000 เมตร และปลายด้านตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีค่าประมาณ 22 nT และ 21 nT ตามลำดับ ซึ่งได้สร้างแบบจำลองของแนว CD นี้ให้มีการแทรกคั่นของแกรนิตสงขลาทางด้านตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือของแนวในระดับตื้น และแกรนิตสงขลาวางตัวอยู่ในระดับลึกในบริเวณตรงกลางของแนว CD โดยหุ้มหินเศษชั้นซึ่งวางตัวอยู่บนแกรนิตสงขลาที่มีความหนาประมาณ 1,500 เมตร และยาวประมาณ 30 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังให้มีหินควอเทอร์นารีหนาประมาณ 100 เมตรยาวประมาณ 7.5 กิโลเมตรปกคลุมอยู่บนหุ้มหินเศษชั้นและที่ปลายด้านตะวันตกเฉียงใต้ของแนว CD โดยมีหินแกรนิตลึวงหนาประมาณ 200 เมตรยาวประมาณ 23 กิโลเมตรแทรกซอนเข้ามาในหุ้มหินเศษชั้น และหินแกรนิตลึวงนี้เชื่อมต่อกับหินแกรนิตลึวงที่ปรากฏอยู่ในแนว AB

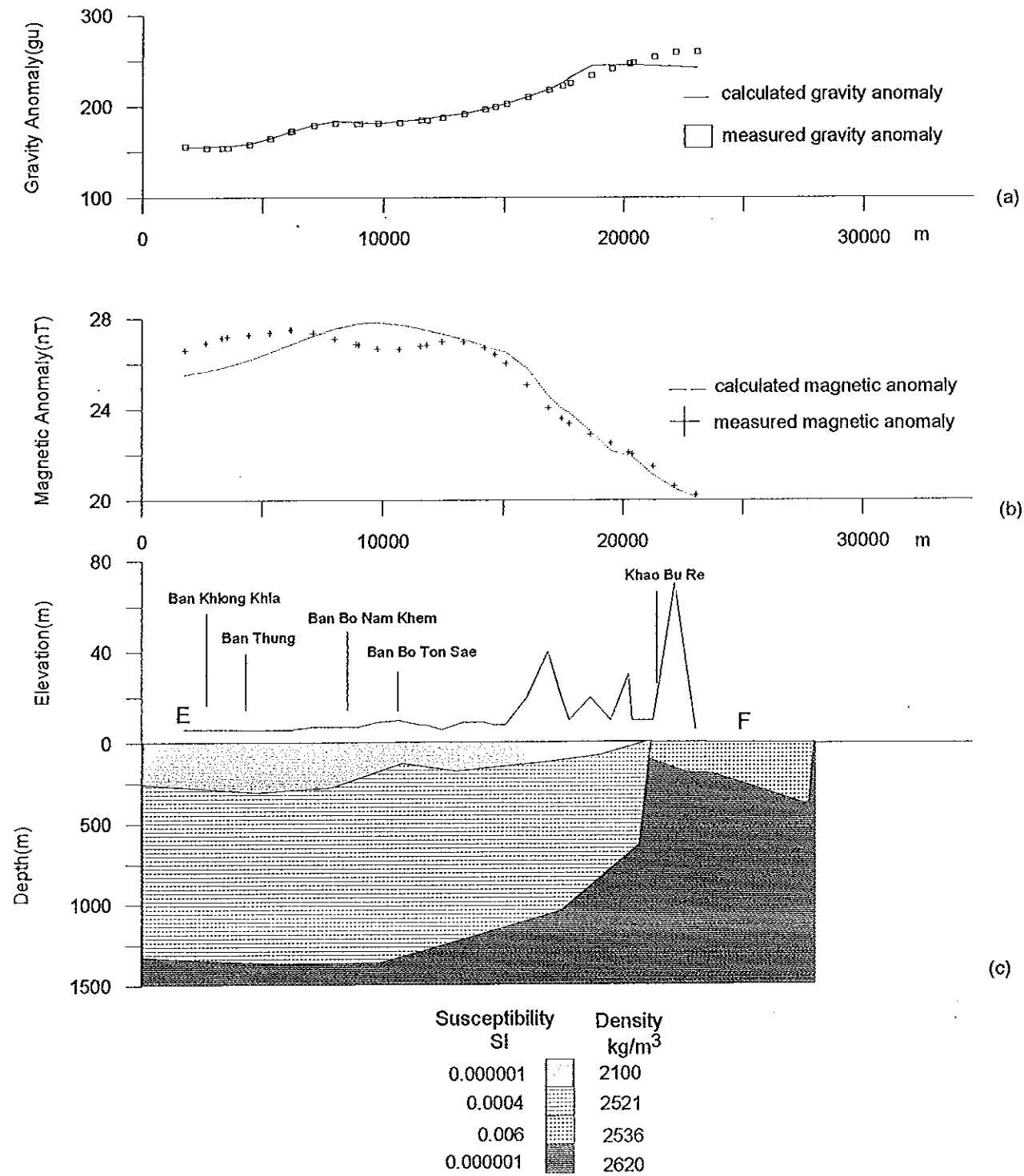
5.3.3 ภาพตัดขวางของมวลผิดปกติแนว BF (ภาพประกอบ 36)

ภาคตัดขวางค่าผิดปกติของความถ่วงในแนว BF นี้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 150 gu ที่ปลายด้านตะวันตกเฉียงใต้เป็น 240 gu ที่ปลายด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ในขณะที่ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กกรวมของโลกมีค่าคงที่ประมาณ 27 nT จากปลายด้านตะวันตกเฉียงใต้(ปลายB)ที่ระยะ 4,500-15,000 เมตร แล้วจึงมีค่าลดต่ำลงเป็น 20 nT ที่ปลายด้านตะวันออกเฉียงเหนือ จึงได้สร้างแบบจำลองให้แกรนิตสงขลาวางตัวอยู่ในระดับลึกที่ปลายด้านตะวันตกเฉียงใต้ และแทรกคั่นขึ้นมาในระดับตื้นที่ปลายทิศตะวันออกเฉียงเหนือของแนวนี้นี้ โดยมีหุ้มหินเศษชั้นหนาประมาณ 1,200 เมตรยาวประมาณ 20 กิโลเมตร วางตัวอยู่บนหินแกรนิตสงขลา และมีหินตะกอนควอเทอร์นารีหนาประมาณ 250 เมตรยาวประมาณ 20 กิโลเมตรปกคลุมหุ้มหินเศษชั้นอยู่ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของแนว BF ส่วนทางปลายด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแนวนี้นี้ได้กำหนดให้มีหินแกรนิตลึวงหนาประมาณ 150 เมตรยาวประมาณ 6 กิโลเมตรแทรกคั่นขึ้นมา

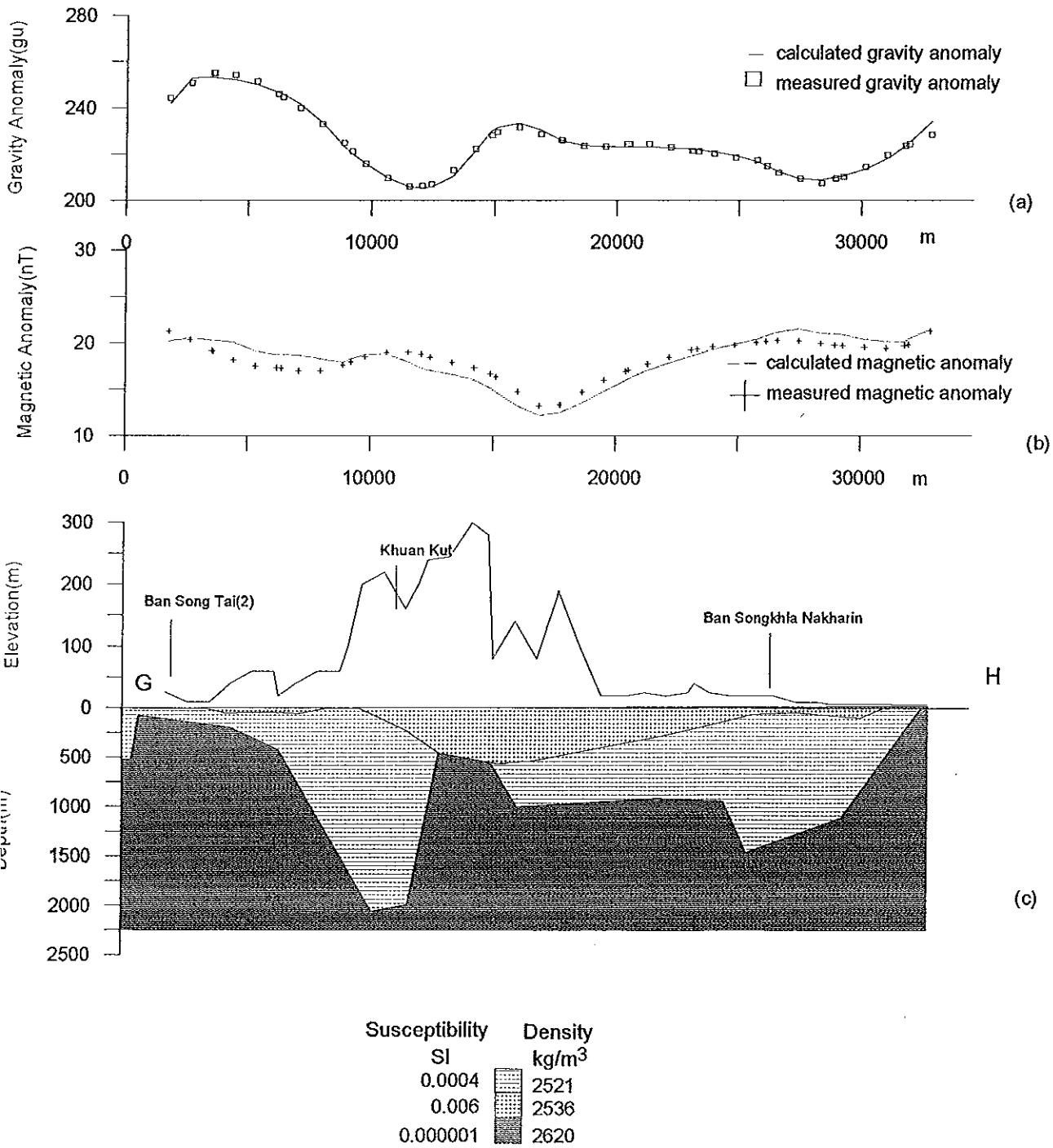
5.3.4 ภาคตัดขวางของมวลผิดปกติในแนว GH (ภาพประกอบ 37)

ภาคตัดขวางค่าผิดปกติของความถ่วงในแนวนี้นี้มีค่าสูงประมาณ 240 gu ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้(1,000-7,000 เมตรจากจุด G)และมีค่าต่ำประมาณ 207 gu ที่ระยะ 11,500 เมตร และมีแนวโน้มน้ำที่จะเพิ่มสูงขึ้นที่ปลายด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแนว ในขณะที่ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กกรวมของโลก มีค่าสูงประมาณ 20 nT ที่ปลายทั้งสองด้านของภาคตัดขวางและมีค่าลดต่ำลงเข้าหาบริเวณตอนกลางของภาคตัดขวาง โดยมีค่าต่ำสุดประมาณ 12 nT ที่ระยะ 17,000 เมตรจากปลาย G จึงได้สร้างแบบจำลองให้มีการแทรกซอนของแกรนิต

ภาพประกอบ 36 แบบจำลอง "พืดอนลิ่ง 2" ในแนว BF



ภาพประกอบ 37 แบบจำลอง "พลุดอนลิ่ง 2" ในแนว GH



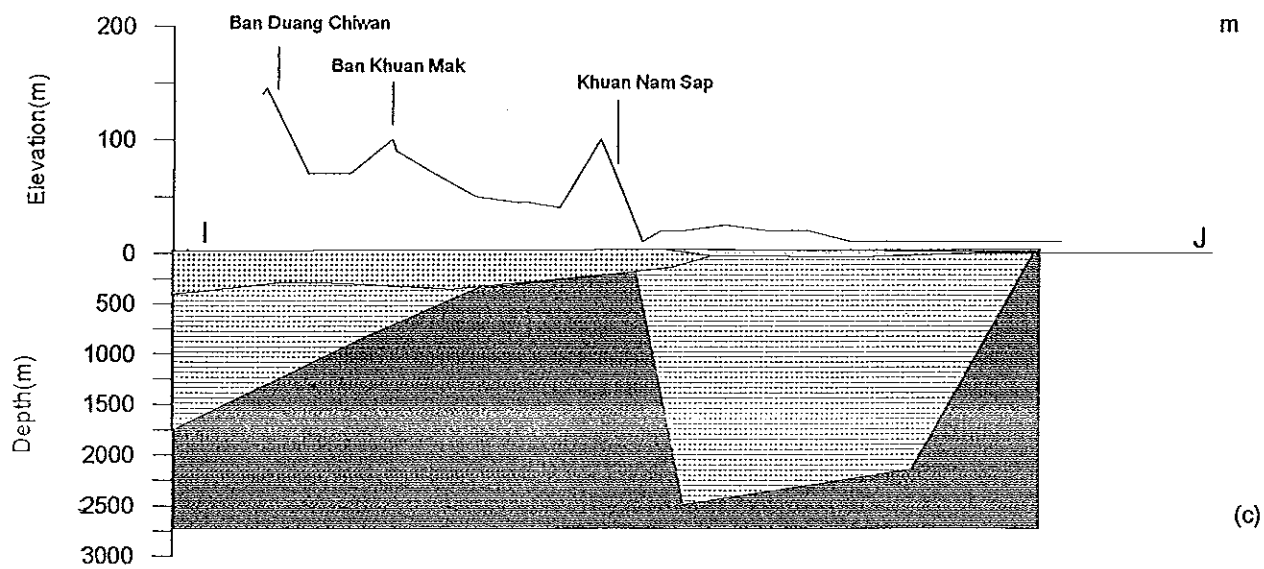
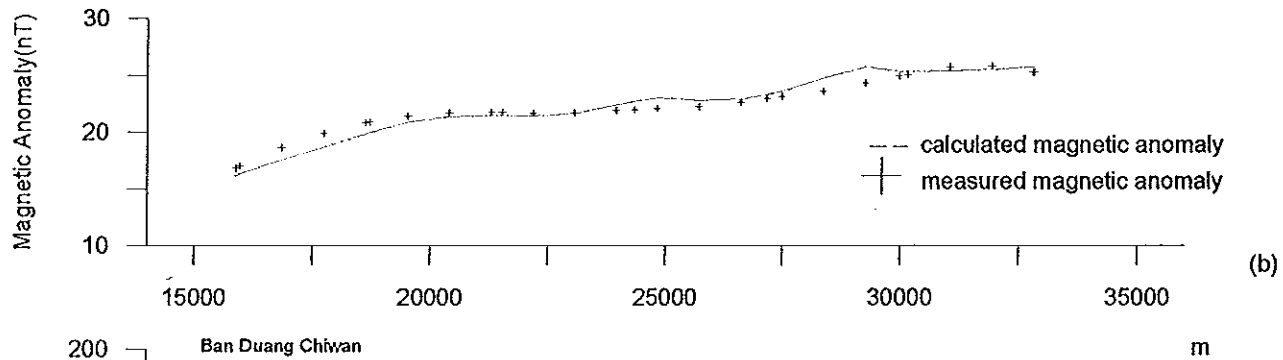
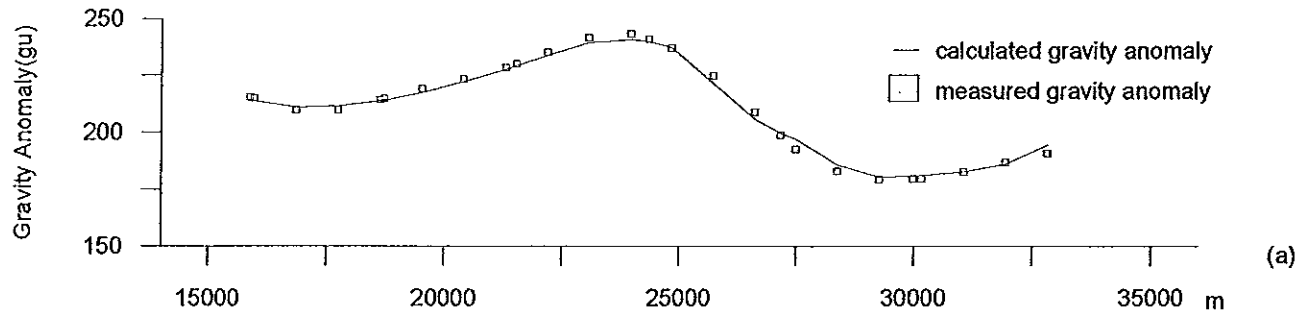
สงขลารุ่งขึ้นในระดัคพื้น ที่ปลาดค้ันตะวันตกเฉียงใต้หรือที่ระยะ 1,000-10,000 เมตรและที่ระยะ 12,000-15,000 เมตรจาก G ส่วนบริเวณอื่นแกรนิตสงขลางตัวอยู่ในระดัคลึกโดยมีหนุ่หินเศษขึ้นหนาประมาณ 1,500 เมตรยาวประมาณ 30 กิโลเมตรวางอยู่บนแกรนิตสงขลารุ่งและมีแกรนิตลิ่งหนาประมาณ 400 เมตร ยาวประมาณ 18 กิโลเมตร(12,000-30,000 เมตร) และต่อเนื่องมาจากแนว AB แทรกซอนเข้ามาอยู่ในหนุ่หินเศษขึ้น

5.3.5 ภาคตัดขวางมวลผิปกติในแนว II (ภาพประกอบ 38)

ภาคตัดขวางค่าผิปกติของความถ่วงในแนวนี้มีค่าเฉลี่ย 210 gu ที่ปลาดค้ันตะวันตกเฉียงใต้และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 230 gu ที่ระยะ 22,000-25,500 เมตร แล้วมีค่าลดลงเป็นประมาณ 175 gu ที่ปลาดค้ันตะวันออกเฉียงเหนือ ในขณะที่ค่าผิปกติของสนามแม่เหล็กโลกมีค่าประมาณ 22 mT ที่ปลาดค้ันตะวันออกเฉียงเหนือ จึงได้สร้างแบบจำลองให้มีหินแกรนิตสงขลาแทรกค้ันขึ้นมาระดัคพื้นทีบริเวณตอนกลางแนว II โดยมีหนุ่หินเศษขึ้นที่ค้อนข้างหนามากบริเวณปลาดค้ันทั้งสองด้านของแนวโดยจะหนาประมาณ 2,000 เมตร วางตัวอยู่บนแกรนิตสงขลาและจะมีความหนาเพียง 200 เมตรและยาวประมาณ 3 กิโลเมตร ในบริเวณตอนกลางของแนว II โดยมีแกรนิตลิ่งหนาประมาณ 200 เมตร ยาวประมาณ 10 กิโลเมตร แทรกซอนอยู่ในหนุ่หินเศษขึ้นทางปลาดค้ันตะวันตกเฉียงใต้ของแนวนี้ ส่วนที่ปลาดค้ันตะวันออกเฉียงเหนือของแนวมีหินควอเทอร์นารีหนาประมาณ 50 เมตร ยาวประมาณ 4 กิโลเมตร ปกคลุมอยู่บนหนุ่หินเศษขึ้น

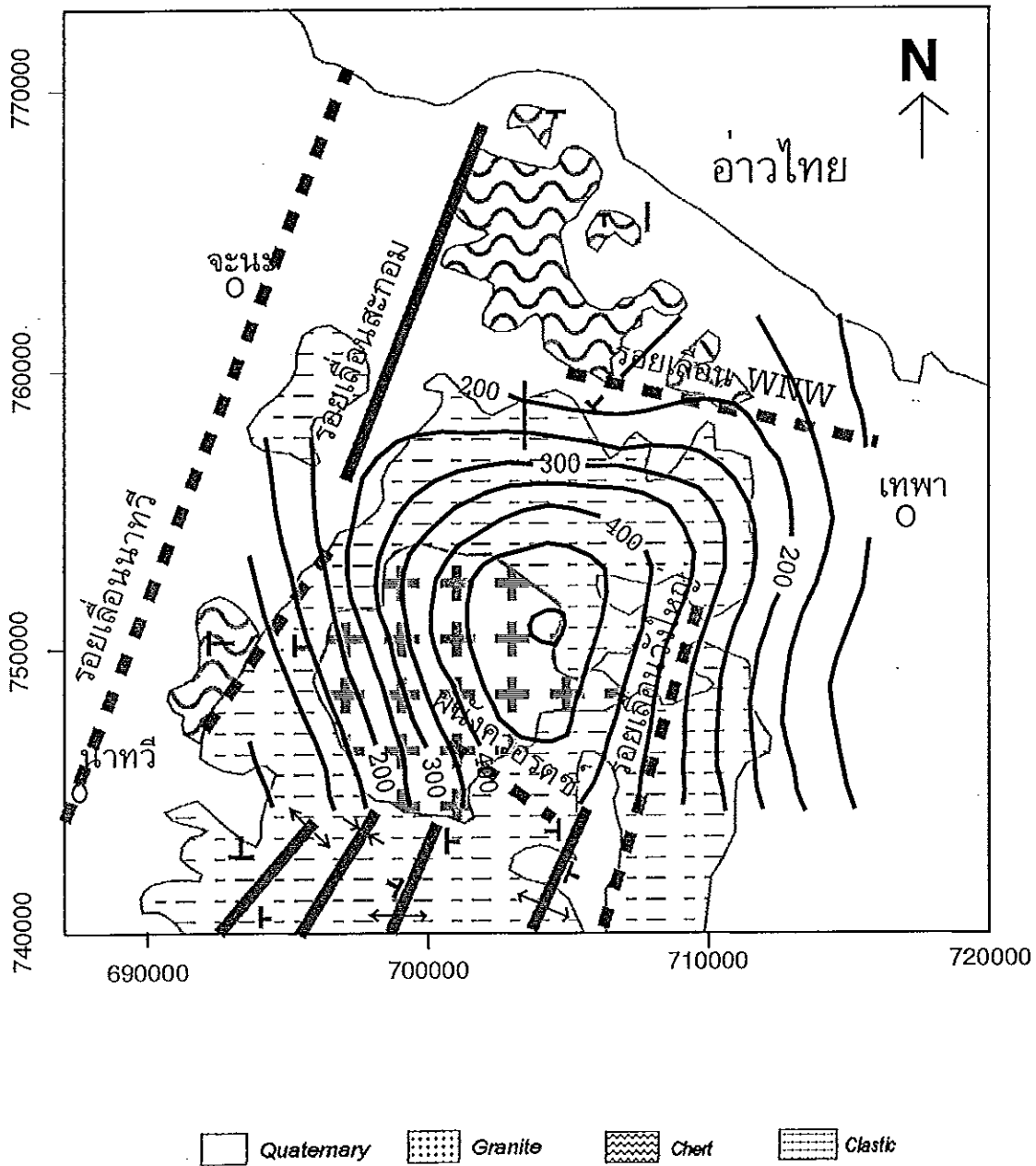
ค่าผิปกติของความถ่วงซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองพลุดอนลิ่ง 2 นี้ เป็นอิทธิพลหลักจากมวลแกรนิตสงขลาที่วางอยู่ใต้หนุ่หินเศษขึ้นยุคไทรแอสซิก(ความหนาแน่นประมาณ 2620 kg/m^3 และค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก 0.00 SI) ในบริเวณที่มวลแกรนิตนี้แทรกค้ันขึ้นมาระดัคพื้นทีจะส่งผลให้ค่าผิปกติของความถ่วงบริเวณนั้นมีค่าสูง ส่วนบริเวณใดที่มวลแกรนิตสงขลาที่วางตัวอยู่ในระดัคลึกค่าความถ่วงบริเวณนั้นจะมีค่าต่ำสำหรับค่าผิปกติของสนามแม่เหล็กโลกเป็นผลเนื่องมาจากมวลของแกรนิตลิ่งซึ่งอยู่ที่ระดัคพื้นที(ความหนาแน่นประมาณ 2536 kg/m^3 และค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก 0.006 SI) ส่งผลให้ค่าผิปกติของความถ่วงและค่าผิปกติของสนามแม่เหล็กโลกที่คำนวณได้จากแบบจำลองพลุดอนลิ่ง 2 สอดคล้องกับค่าผิปกติที่ได้จากการวัดและพิจารณาให้แบบจำลอง"พลุดอนลิ่ง2" มีความเหมาะสมสำหรับการกำหนดขอบเขตของพลุดอนลิ่งทั้งในแนวค้ิงและแนวราบ แผนที่ค้อนทัวร์ความลึกของแกรนิตลิ่งและแกรนิตสงขลาแสดงไว้ดังภาพประกอบ 39 และ 40 ตามล้าคับ

ภาพประกอบ 38 แบบจำลอง "พลุดอนลึง 2" ในแนว II

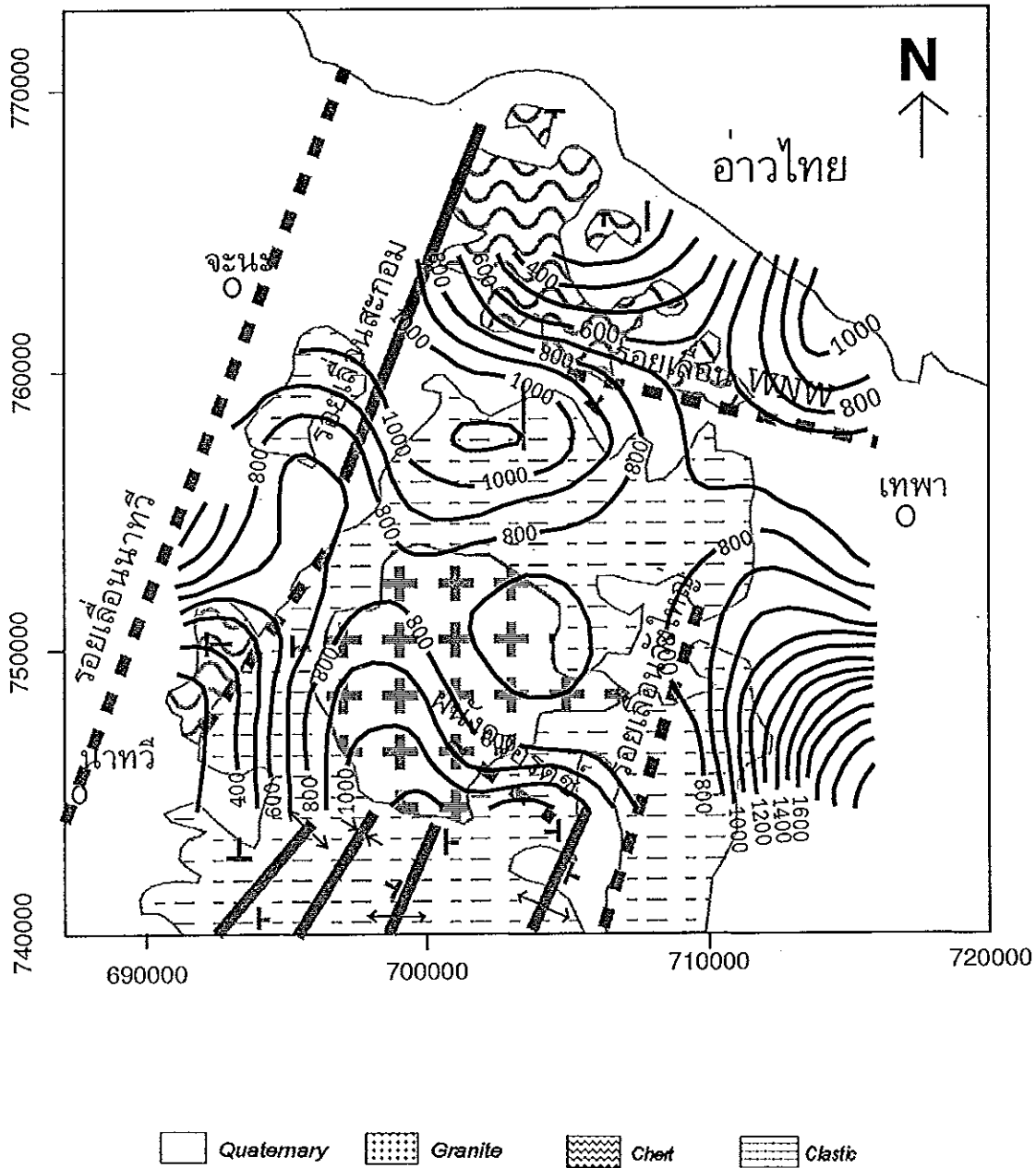


Susceptibility SI	Density kg/m ³
0.000001	2100
0.0004	2521
0.006	2536
0.000001	2620

ภาพประกอบ 39 แผนที่คอนทัวร์ความลึกของพืดอนลิ่งในหน่วย m ชั้นทับบน
แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 40 แผนที่คอนทัวร์ความลึกของแกรนิตสงขลาในหน่วย m ช้อนทับบน
แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



จากภาพประกอบ 39 และ 40 แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งของแกรนิตลิวท์ที่ลึกมากที่สุด (ประมาณ 450 เมตร) ไม่ได้อยู่ตรงกับตำแหน่งของพลutonลิวท์ที่ปรากฏในแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา (ภาพประกอบ 6) แต่จะอยู่ถัดไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณ 5 กิโลเมตรจากตำแหน่งศูนย์กลางของพลutonลิวท์ พบว่าคอนทัวร์ความลึกของพลutonลิวท์นี้สอดคล้องทั้งกับคอนทัวร์ความถ่วงผิดปกติสัมบูรณ์และคอนทัวร์ผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก จากคอนทัวร์ความลึกนี้สามารถตรวจพบรอยเลื่อนนังใหญ่และอาจรวมถึงผนังควอตซ์ด้วย แต่ตรวจไม่พบรอยเลื่อน WNW รอยเลื่อนสะกอม และรอยเลื่อนที่อยู่ที่ยอดของหมู่หินเศษชิ้นทางทิศตะวันตก ส่วนรอยเลื่อนนาทวินั้นอยู่นอกแผนที่คอนทัวร์ความลึกนี้

6. ผลจากการศึกษาแผนที่กัมมันตภาพรังสีและการวิเคราะห์ปริมาณ K, eU, และ eTh

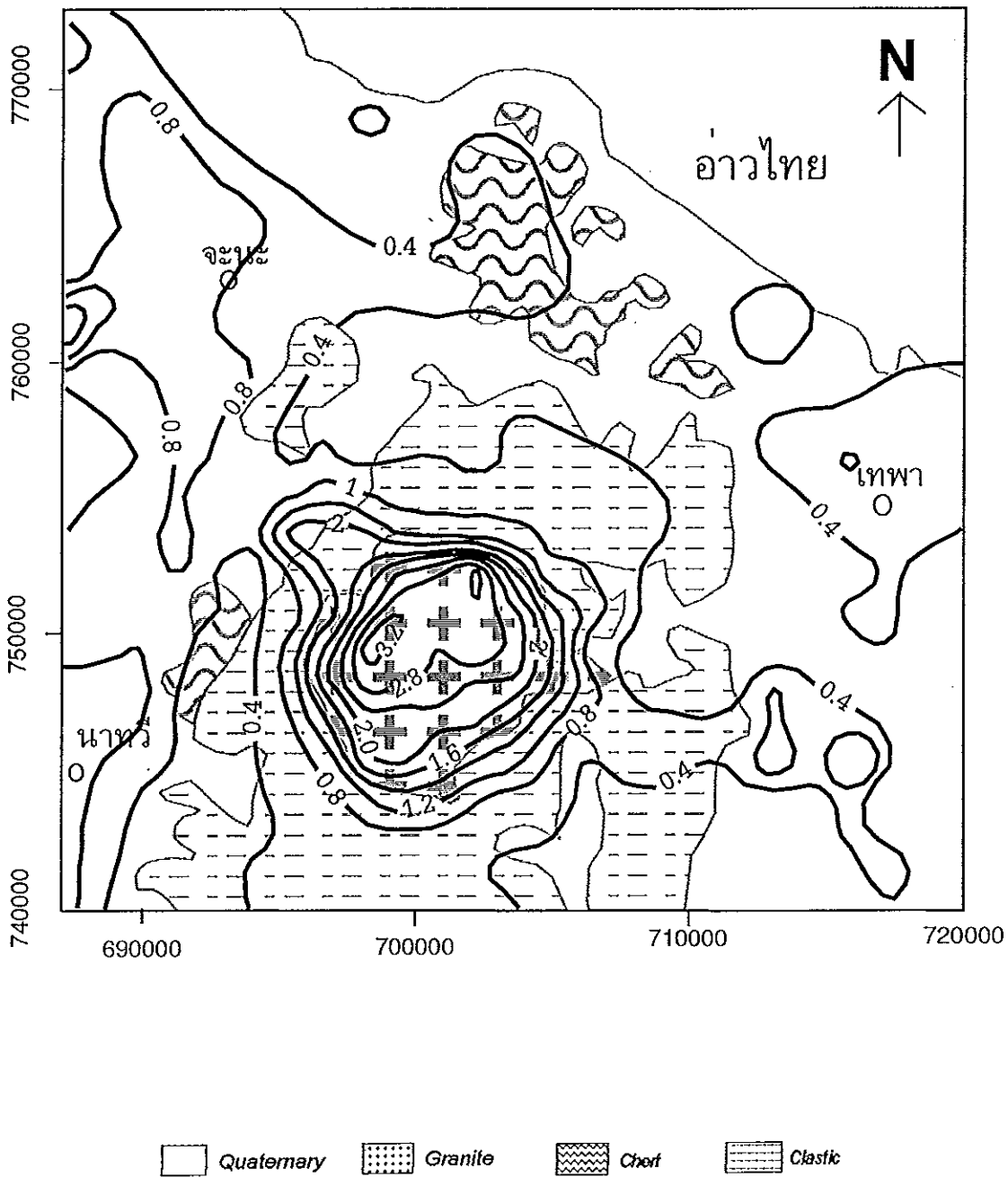
การศึกษาแผนที่กัมมันตภาพรังสีและการวิเคราะห์ปริมาณ K, eU, และ eTh มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดขอบเขตของพลutonลิวท์

โดยปกติปริมาณเล็กน้อยของสารกัมมันตรังสีมีอยู่ในหินเสมอ สารเหล่านี้จะแผ่รังสีออกมาพร้อมกับรังสีคอสมิกที่มาจากนอกโลกและรวมเป็นรังสีของสภาพแวดล้อม ซึ่งเปลี่ยนแปลงจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเสมอ โดยปกติการกระจายของธาตุกัมมันตรังสีได้ทั่วโลกนี้ไม่แน่นอน ธาตุโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล ในหินพวกแกรนิตมีสูงกว่าปกติ แต่มีหินบางชนิดมีส่วนประกอบของเฟลด์สปาร์และไมกาจะมีปริมาณโพแทสเซียมสูง อันจะทำให้ระดับกัมมันตภาพรังสีในบริเวณหินเหล่านี้สูงขึ้น เพื่อให้แน่ใจว่ากัมมันตภาพรังสีซึ่งสูงได้มาจากหินแกรนิตเท่านั้น ไม่ใช่หินตะกอนหรือหินอื่นๆ จึงได้ทำการเก็บตัวอย่างหินมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

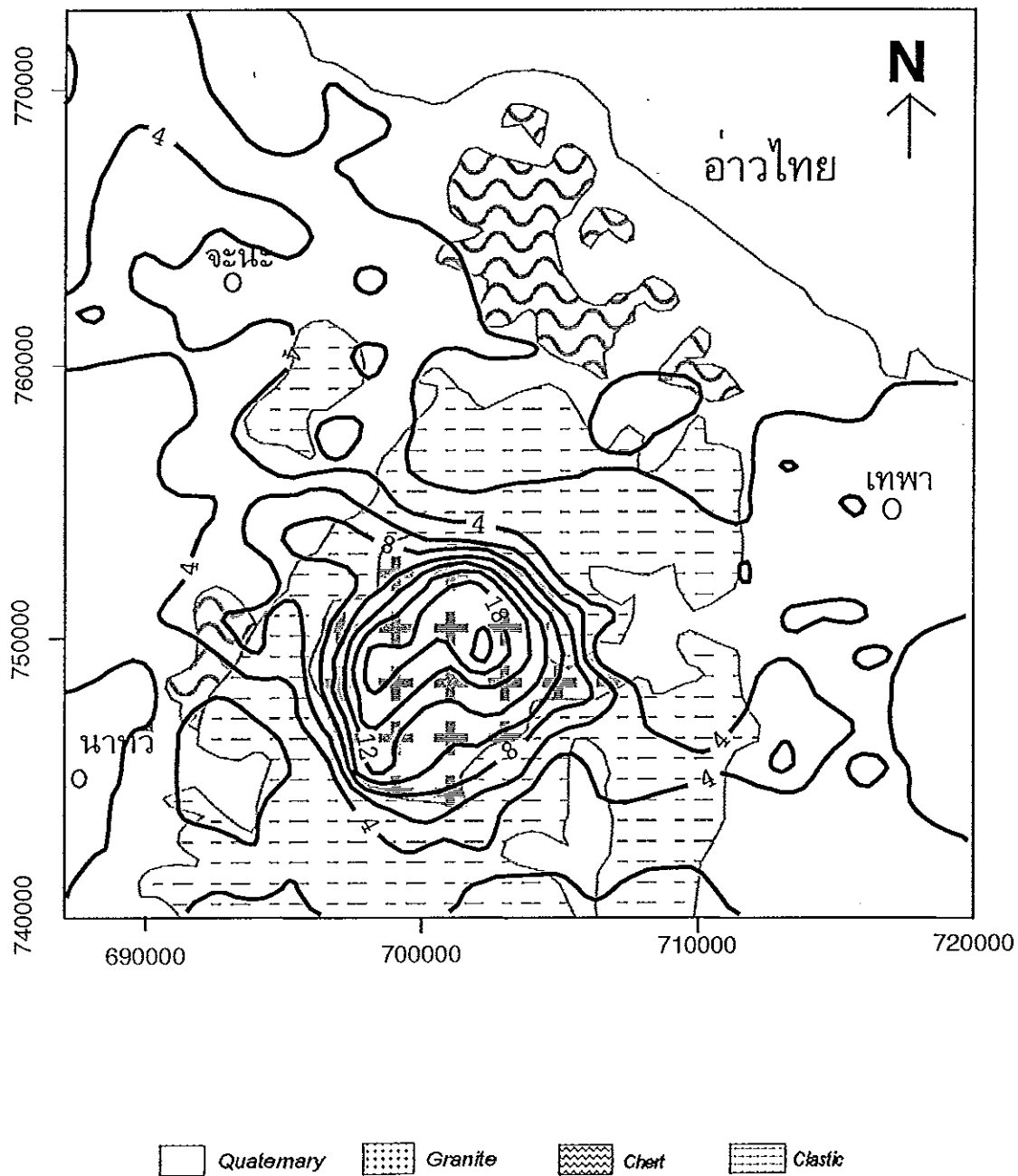
6.1 ผลการศึกษาปริมาณกัมมันตภาพรังสี จากการบินสำรวจ

ผลจากการศึกษาแผนที่กัมมันตภาพรังสีจากการบินสำรวจทางอากาศที่ระดับความสูง 122 เมตรของกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2532 พบว่าพลutonลิวท์เป็นบริเวณที่มีปริมาณความเข้มของโพแทสเซียม (K) มากกว่า 1% ปริมาณความเข้มของยูเรเนียมสมมูล (eU) มากกว่า 6 ppm และปริมาณความเข้มของทอเรียมสมมูล (eTh) มากกว่า 14 ppm ดังภาพประกอบ 41, 42 และ 43 ตามลำดับ มีขอบเขตของพลutonลิวท์ในแนวราบปรากฏเป็นพื้นที่วงกลมได้ค่อนข้างชัดเจน โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 9 กิโลเมตร

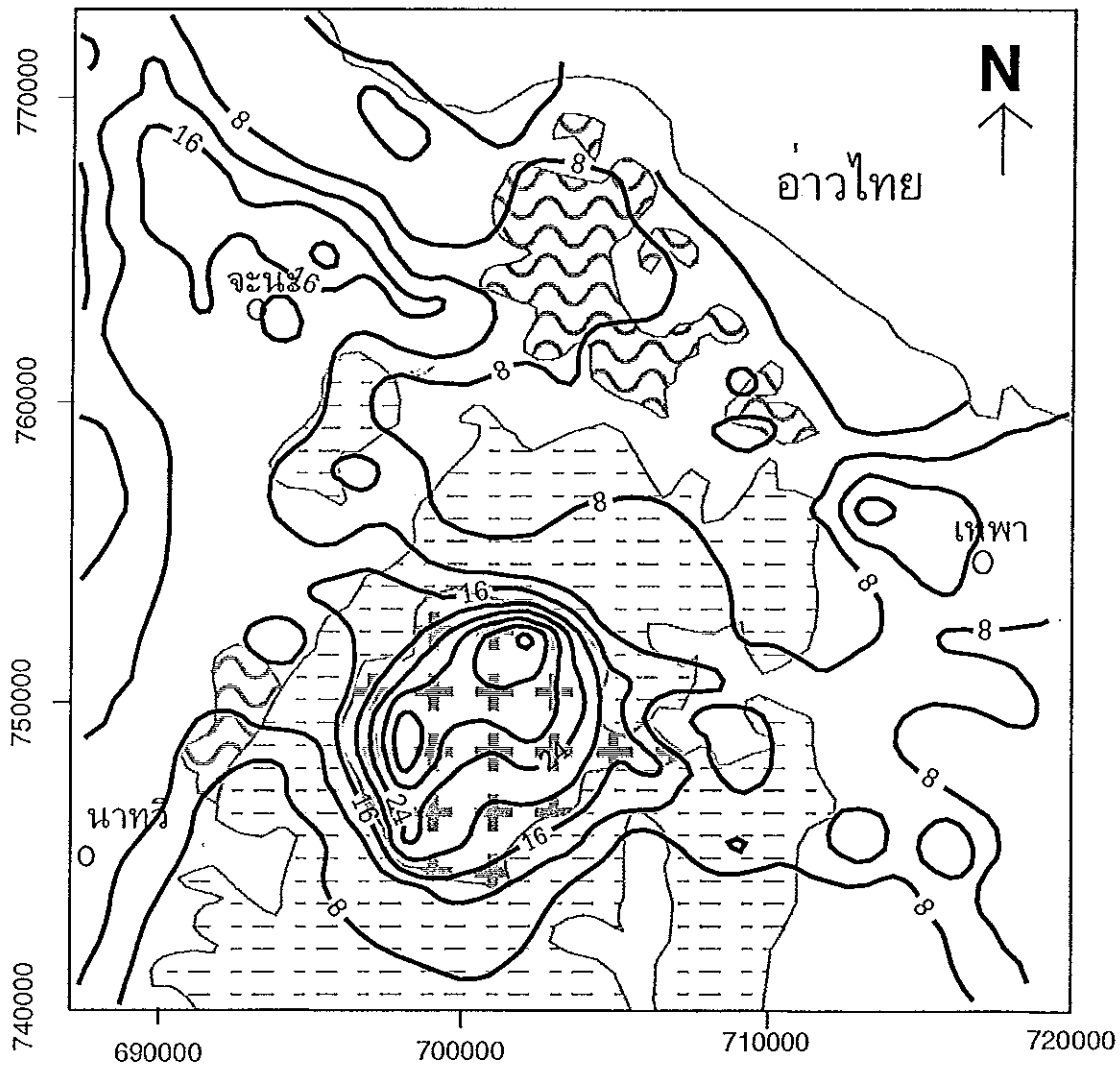
ภาพประกอบ 41 แผนที่คอนทัวร์โพเทนเชียล (K) ในหน่วยร้อยละ ซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 42 แผนที่คอนทัวร์ยูเรเนียมสมมูล (eU) ในหน่วย ppm ซ้อนทับแผนที่
ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 43 แผนที่คอนทัวร์โทเรียมสมมูล (eTh) ในหน่วย ppm ช้อนทับแผนที่
ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



Quaternary
 Granite
 Chert
 Clastic

6.2 การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล

ได้เก็บตัวอย่างหิน โสไลต์ในบริเวณพื้นที่ศึกษามาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจหาปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล โดยใช้สเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา ทั้งนี้เพื่อกำหนดให้ชัดเจนว่าเป็นธาตุกัมมันตรังสีต้นกำเนิดชนิดใด และมีปริมาณมากน้อยเพียงใด

จากการนำหินตัวอย่างหินสด มวลก่อนละประมาณ 1-2 กิโลกรัมซึ่งเก็บบริเวณพื้นที่ทำการศึกษา อำเภอจะนะ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี และอำเภอสะบ้าย้อย จังหวัดสงขลา มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล ทั้งหมด 39 ตำแหน่ง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์รังสีแกมมา การวิเคราะห์ใช้การเปรียบเทียบพื้นที่ได้ยอดสเปกตรัมรังสีแกมมาที่ระดับพลังงานหนึ่งของสารมาตรฐาน กับพื้นที่ได้ยอดสเปกตรัมที่ระดับพลังงานเดียวกันของตัวอย่างหินเมื่อลบสัญญาณค่าพื้นหลัง(back ground)ออกไปแล้ว ในช่วง CHANNEL NUMBER 494-520,605-621 และ 901-925 ซึ่งตรงกับยอดสเปกตรัมที่ตำแหน่งพลังงาน 1460.8 keV 1764.5 keV และ 2614.47 keV ตามลำดับ ในการนำมาใช้วิเคราะห์ปริมาณของ K-40 B1-214 ซึ่ง สมนัยกับ U และ Tl-208 ซึ่งสมนัยกับ Th ได้ค่าดังตาราง 8, 9 ,10 และภาพประกอบ 44, 45 และ 46

ตาราง 8 ความแรงรังสีและปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูลและทอเรียมสมมูล ในหินแกรนิต

ตัวอย่าง	K (Bq/Kg)	eU (Bq/Kg)	eTh (Bq/Kg)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
A28	2143.72 ± 18.63	66.18 ± 1.86	497.46 ± 65.84	6.95 ± 0.06	16.13 ± 0.45	34.18 ± 4.34
A30	1824.50 ± 23.60	61.65 ± 2.44	338.95 ± 66.62	5.91 ± 0.08	15.02 ± 0.59	23.22 ± 4.39
A31	1972.77 ± 17.87	105.45 ± 2.35	501.51 ± 65.87	6.39 ± 0.06	25.70 ± 0.57	34.47 ± 4.34

ตัวอย่าง	K (Bq/Kg)	eU (Bq/Kg)	eTh (Bq/Kg)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
A33	1806.59 ± 11.74	52.26 ± 1.15	462.92 ± 63.92	5.85 ± 0.04	12.74 ± 0.28	31.80 ± 4.18
A34	2935.88 ± 16.68	73.18 ± 1.52	439.68 ± 63.95	9.51 ± 0.05	17.83 ± 0.37	30.19 ± 4.20
A35	1586.44 ± 9.12	80.02 ± 1.19	497.46 ± 62.99	5.14 ± 0.03	19.50 ± 0.29	34.18 ± 4.14
P7	1554.99 ± 8.24	125.18 ± 1.37	540.77 ± 62.82	5.04 ± 0.03	30.51 ± 0.33	37.18 ± 4.13
เฉลี่ย	1974.99 ± 15.13	80.56 ± 1.70	468.39 ± 64.53	6.40 ± 0.05	19.63 ± 0.41	32.17 ± 4.24

จากตาราง 8 ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมเฉลี่ย 6.40 ± 0.05 % ยูเรเนียมสมมูลเฉลี่ย 19.63 ± 0.41 ppm และทอเรียมสมมูลเฉลี่ย 32.17 ± 4.24 ppm ทั้งปริมาณโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล มีค่าสูงกว่าที่เกียรยงานไว้โดยตรงซึ่ง ฟิงรัศมี(2535) ว่า หินแกรนิตบริเวณนี้มีปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย 3.34 เปอร์เซ็นต์และโดย กิตติชัย วัฒนานิก และคณะ(2527) ว่าแกรนิตมีค่าปริมาณธาตุโพแทสเซียม 3.3-3.8 เปอร์เซ็นต์ ยูเรเนียมสมมูล 4-5 ppm และทอเรียมสมมูล 15-18 ppm

ตาราง 9 ความแรงรังสีและปริมาณความเข้มข้นของ โพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูลและ ทอเรียมสมมูลในหมู่หินชีรต์

ตัวอย่าง	K (Bq/Kg)	eU (Bq/Kg)	eTh (Bq/Kg)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
A12	138.72 ± 17.01	9.53 ± 0.27	126.93 ± 60.42	0.45 ± 0.06	2.32 ± 0.07	8.56 ± 3.96
A13	198.86 ± 28.11	6.37 ± 0.42	197.11 ± 62.00	0.64 ± 0.09	1.55 ± 0.10	13.41 ± 4.07

ตัวอย่าง	K (Bq/Kg)	eU (Bq/Kg)	eTh (Bq/Kg)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
A16	329.22 ± 44.72	27.60 ± 1.30	285.42 ± 64.49	1.07 ± 0.14	6.73 ± 0.32	19.52 ± 4.24
A19	76.59 ± 18.18	0.00	163.82 ± 66.13	0.25 ± 0.06	0.00	9.02 ± 4.04
A26	205.71 ± 30.15	7.94 ± 0.51	136.23 ± 61.55	0.67 ± 0.10	1.93 ± 0.13	6.51 ± 4.00
A29	227.29 ± 11.33	26.08 ± 2.31	97.31 ± 60.99	0.74 ± 0.04	6.36 ± 0.56	11.11 ± 4.36
P305	413.43 ± 43.00	11.57 ± 0.49	136.39 ± 61.12	1.34 ± 0.12	2.82 ± 0.12	9.21 ± 4.01
P308	334.09 ± 48.60	19.20 ± 1.26	137.76 ± 62.98	1.08 ± 0.16	4.68 ± 0.31	9.31 ± 4.14
P311	298.32 ± 47.88	19.36 ± 1.37	253.42 ± 65.44	0.97 ± 0.16	4.72 ± 0.33	17.31 ± 4.31
P326	0.00	5.71 ± 0.31	94.32 ± 60.51	0.00	1.39 ± 0.08	6.30 ± 3.97
เฉลี่ย	359.16 ± 36.99	12.91 ± 0.71	162.87 ± 62.56	1.16 ± 0.12	3.15 ± 0.17	11.05 ± 4.11

ตาราง 10 ความแรงรังสีและปริมาณความเข้มข้นของ โพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูลและ
ทอเรียมสมมูลในหมู่หินแกรนิต

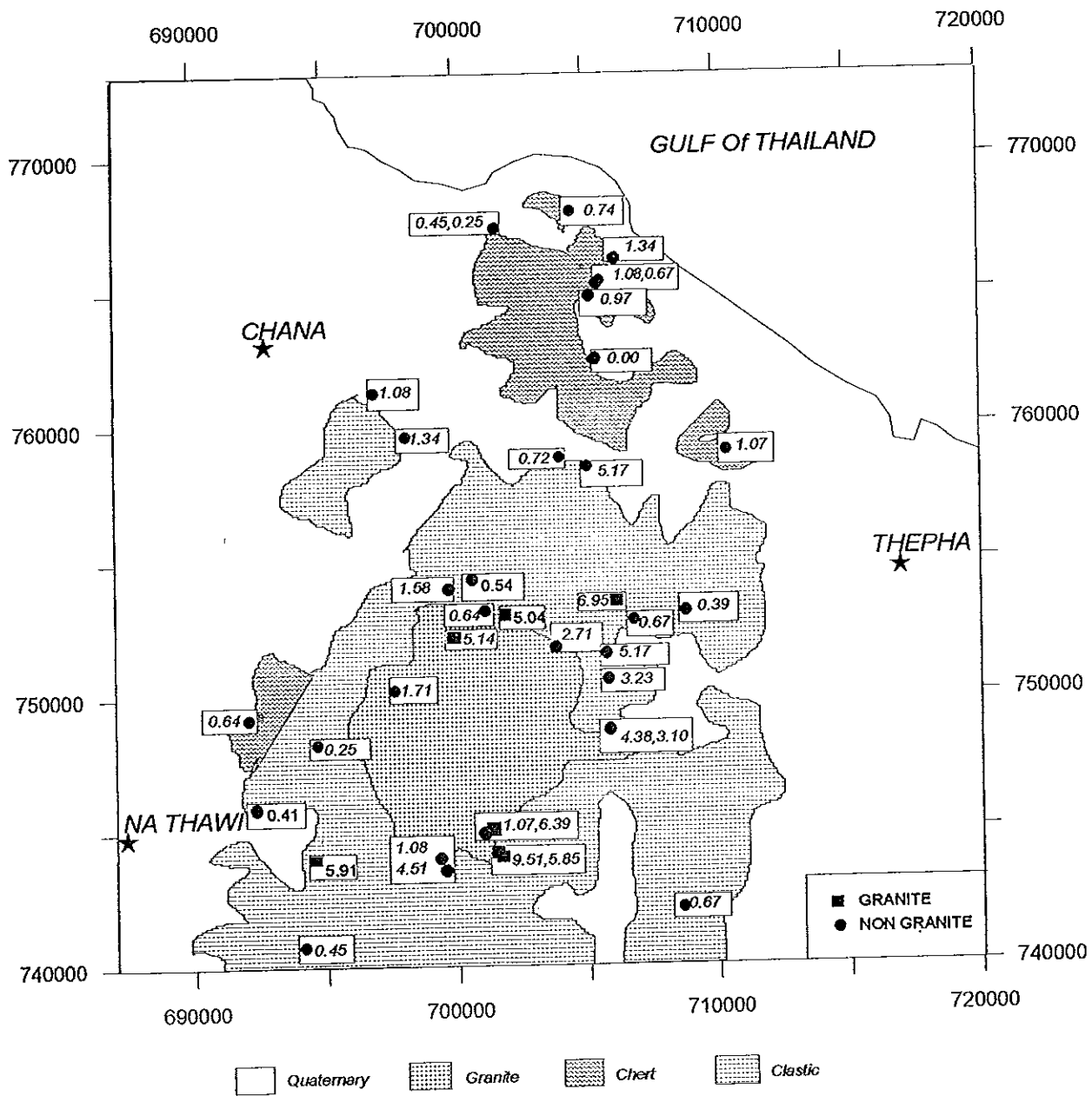
ตัวอย่าง	K (Bq/Kg)	U (Bq/Kg)	Th (Bq/Kg)	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)
A9	236.82 ± 3.71	9.53 ± 0.27	153.13 ± 61.24	0.45 ± 0.06	2.32 ± 0.07	8.05 ± 0.95

ตัวอย่าง	K (Bq/Kg)	eU (Bq/Kg)	eTh (Bq/Kg)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
A10	1271.99 ± 9.51	6.37 ± 0.42	226.38 ± 62.06	0.64 ± 0.09	1.55 ± 0.10	10.14 ± 1.53
A11	1285.21 ± 5.57	27.60 ± 1.30	223.04 ± 60.94	1.07 ± 0.14	6.73 ± 0.32	10.41 ± 1.97
A14	1775.64 ± 19.70	21.81 ± 1.14	373.98 ± 65.82	5.17 ± 0.32	5.32 ± 0.28	18.31 ± 2.59
A15	314.53 ± 6.57	0.00	215.32 ± 62.99	0.25 ± 0.06	0.00	11.39 ± 1.70
A20	35.04 ± 1.20	7.94 ± 0.51	67.33 ± 59.96	0.67 ± 0.10	1.93 ± 0.13	0.00
A21	187.95 ± 3.81	11.57 ± 0.49	133.09 ± 61.29	1.34 ± 0.12	2.82 ± 0.12	9.34 ± 1.36
A22	53.21 ± 3.00	19.20 ± 1.26	134.20 ± 62.22	1.08 ± 0.16	4.68 ± 0.31	7.28 ± 1.80
A23	222.20 ± 8.48	7.48 ± 0.87	147.85 ± 63.66	0.72 ± 0.03	1.82 ± 0.21	12.08 ± 2.47
A24	528.38 ± 3.47	15.98 ± 0.36	179.79 ± 60.71	1.71 ± 0.01	3.89 ± 0.21	6.72 ± 0.87
A25	207.40 ± 5.16	5.86 ± 0.50	152.58 ± 62.12	0.67 ± 0.02	1.43 ± 0.12	5.43 ± 1.28
A27	166.59 ± 2.17	4.79 ± 0.22	127.79 ± 60.53	0.54 ± 0.01	1.17 ± 0.05	5.85 ± 0.87
A32	956.50 ± 9.38	27.57 ± 0.92	179.21 ± 61.98	3.10 ± 0.03	6.72 ± 0.22	14.29 ± 1.88
A36	126.95 ± 3.76	0.00	155.77 ± 61.97	0.41 ± 0.01	0.00	7.51 ± 1.44

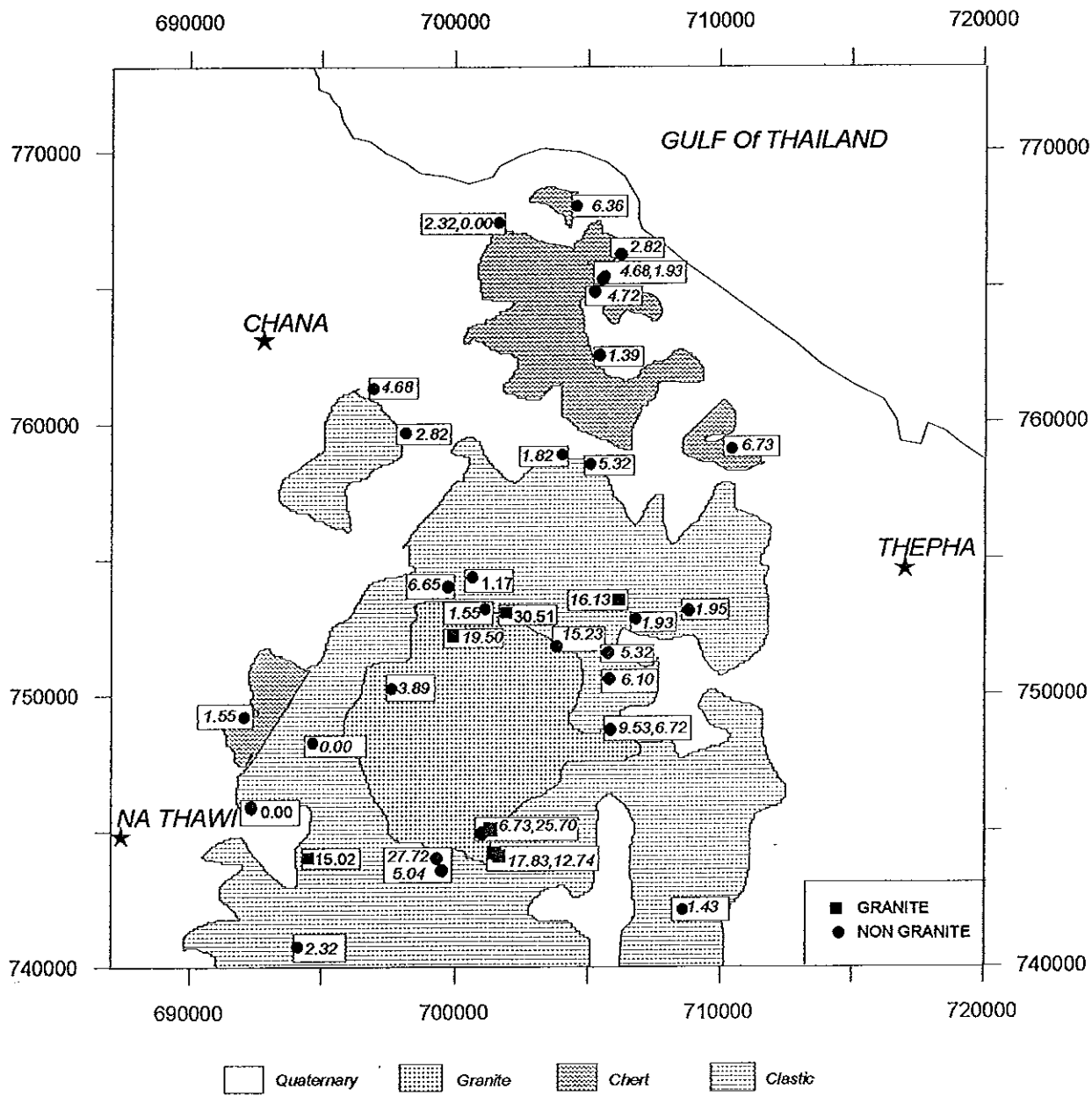
ตัวอย่าง	K (Bq/Kg)	eU (Bq/Kg)	eTh (Bq/Kg)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
P2	486.50 ± 5.96	27.27 ± 0.82	220.87 ± 62.05	1.58 ± 0.02	6.65 ± 0.20	7.65 ± 1.29
P12	837.17 ± 19.06	62.49 ± 2.90	355.63 ± 68.33	2.7 ± 0.06	15.23 ± 0.71	17.38 ± 3.21
P17	1596 ± 97.60	21.18 ± 1.14	281.12 ± 64.35	5.17 ± 0.32	5.32 ± 0.28	19.22 ± 4.23
P39	1352.49 $\pm$ 8.66	39.10 ± 0.86	267.11 ± 62.00	4.38 ± 0.03	9.53 ± 0.21	11.15 ± 1.44
P123	118.88 ± 2.40	80.2 ± 0.36	104.12 ± 60.61	0.39 ± 0.01	1.95 ± 0.09	8.31 ± 1.20
P242	1391.87 $\pm$ 15.14	20.67 ± 1.05	272.29 ± 63.98	4.51 ± 0.05	5.04 ± 0.26	9.61 ± 1.82
P243	334.09 ± 10.73	113.73 ± 3.5	217.69 ± 65.22	1.08 ± 0.03	27.72 ± 0.85	0.00
P287	995.47 ± 24.71	25.020 ± 2.17	308.37 ± 69.25	3.23 ± 0.08	6.10 ± 0.53	16.96 ± 3.50
เฉลี่ย	596.01 ± 8.39	20.45 ± 0.91	204.39 ± 62.88	1.93 ± 0.03	4.98 ± 0.22	13.92 ± 4.13

จากตาราง 8,9 และ 10 พบว่าความเข้มข้นของ โพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และ ทอเรียมสมมูล ในหินแกรนิตมีปริมาณกว่าในหมู่หินเซิร์ตและหมู่หินเศษหิน

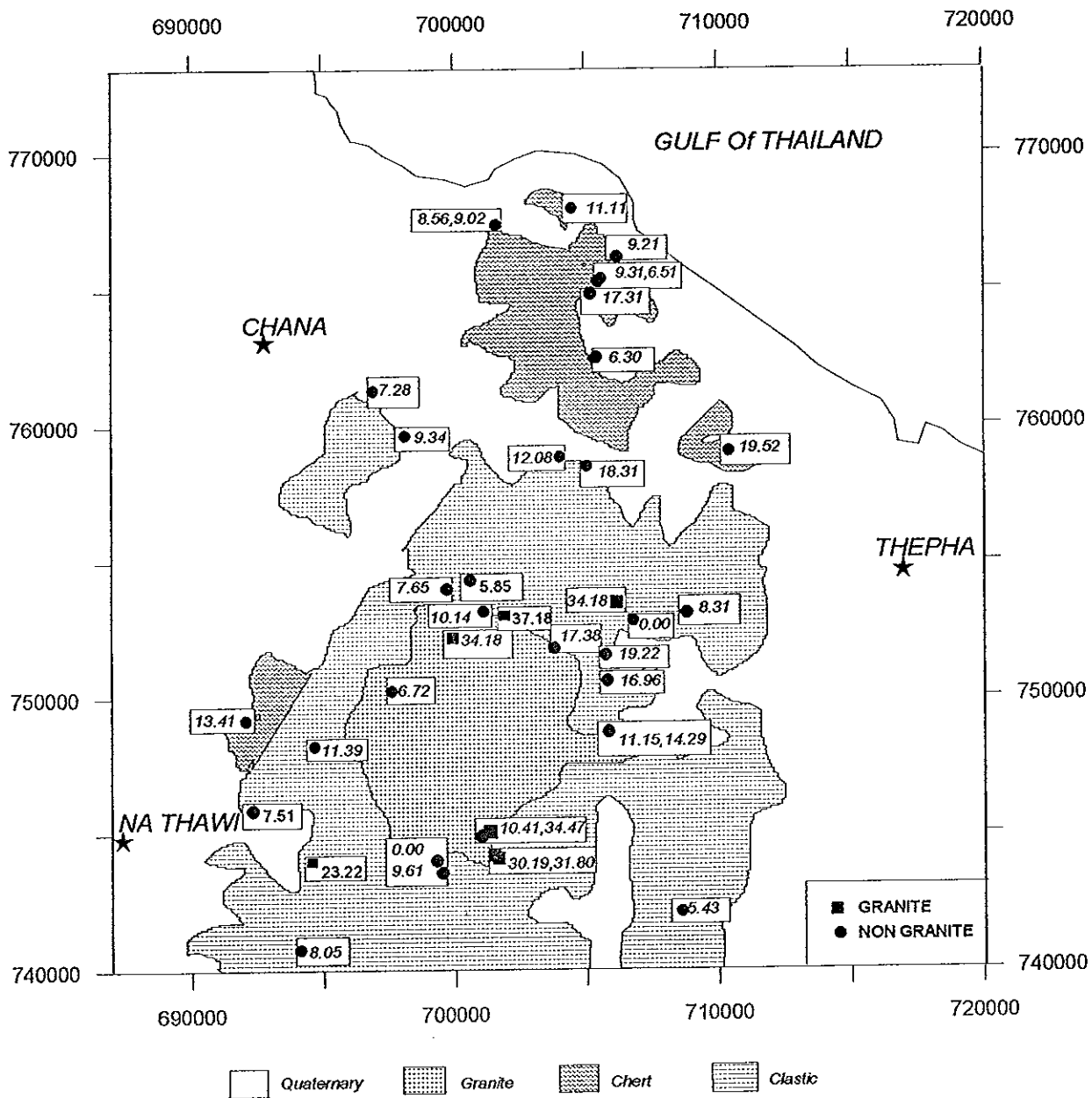
ภาพประกอบ 44 ค่าความเข้มของ K ในตัวอย่างหินจากการวิเคราะห์ด้วย
สเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา



ภาพประกอบ 45 ค่าความเข้มของ eU ในตัวอย่างหินจากการวิเคราะห์ด้วย
สเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา



ภาพประกอบ 46 ค่าความเข้มของ eTh ในตัวอย่างหินจากการวิเคราะห์ด้วย
สเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา



บทที่ 4

บทวิจารณ์และสรุป

ได้จำแนกบทวิจารณ์และสรุปผลออกเป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

1. ข้อวิจารณ์ความสูงของจุดวัดในพื้นที่ศึกษาวิจัยซึ่งอ่านจากมาตรระดับความสูง
2. ข้อวิจารณ์ค่าความหนาแน่นของหินตัวอย่าง ในพื้นที่ศึกษาวิจัย
3. ข้อวิจารณ์ค่าผิดปกติของความถ่วง
4. ข้อวิจารณ์ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กกรรมของโลก
5. ข้อวิจารณ์ผลการแปลความค่าผิดปกติของความถ่วงและค่าผิดปกติของความเข้มสนามแม่เหล็กกรรมของโลก
6. ข้อวิจารณ์ค่าผิดปกติของกัมมันตภาพรังสี

1. ข้อวิจารณ์ค่าความสูงของจุดวัดในพื้นที่ศึกษา ซึ่งอ่านจากมาตรระดับความสูง

จากผลการวัดค่าความสูงของพื้นที่โดยใช้มาตรระดับความสูงถึงแม้ว่าจะให้ผลเที่ยงตรงน้อยกว่าทำรังวัดระดับแต่มีข้อดีตรงที่มีขนาดเล็กกระทัดรัด น้ำหนักเบา สามารถพาเคลื่อนที่ได้สะดวก ถึงแม้ว่าความคลาดเคลื่อนของความสูงจุดวัด ซึ่งได้จากการอ่านมาตรระดับความสูงของจุดวัดที่เลือกจำนวน 10 จุดจะมีพิสัยค่อนข้างกว้าง กล่าวคือระหว่าง -4.2 m ถึง 3.9 m แต่จะมีค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างดีซึ่งเท่ากับ 0.2 m และการเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.3 m โดยพบว่าภาคตัดขวางของค่าผิดปกติของความถ่วงมีลักษณะคล้ายกับภาคตัดขวางของค่าผิดปกติของความถ่วงซึ่งความสูงได้จากการทำรังวัดระดับแต่มีค่าต่ำกว่าโดยเฉลี่ยประมาณ 40 gu ซึ่งจะส่งผลให้แบบจำลองทางธรณีวิทยาของภาคตัดขวางทั้งสองคล้ายกัน

2. ข้อวิจารณ์ค่าความหนาแน่นของหินตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา

ความหนาแน่นของตัวอย่างหิน ซึ่งเก็บมาจากหินโพลีในบริเวณพื้นที่ศึกษาจำนวน 40 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่งได้เก็บรวบรวมมาประมาณ 1-4 ตัวอย่าง เป็นดังนี้คือ หินแกรนิตลิวท หมู่หินเศษชิ้น และหมู่หินเชิร์ต มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ $2536 \pm 17 \text{ kg/m}^3$, $2521 \pm 19 \text{ kg/m}^3$ และ $2488 \pm 28 \text{ kg/m}^3$ ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าความหนาแน่นเฉลี่ยของ

หินแกรนิตลิวมีค่าน้อยกว่าของหินแกรนิตทั่วไป เช่นหินแกรนิตสงขลา (2620 kg/m^3) ทั้งนี้ อาจเนื่องจากหินแกรนิตลิวมีลักษณะค่อนข้างผุ นอกจากนี้ยังพบว่าหินแกรนิตลิว หมูหิน เศษชิ้น และหมูหินเชิร์ตมีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกันซึ่งทำให้ค่าผิดปกติของความถ่วง เนื้อบริเวณพลูตอนลิวไม่สูงอย่างเด่นชัด

3. ข้อวิจารณ์ค่าผิดปกติความถ่วง

ถึงแม้ว่าค่าผิดปกติของความถ่วงเนื้อบริเวณพลูตอนลิวไม่สูงอย่างเด่นชัดเนื่องจากความหนาแน่นของหินโผล่ในพื้นที่ศึกษามีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่สามารถกำหนดขอบเขตของพลูตอนลิวได้จากบริเวณที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติของความถ่วงมีค่าประมาณ 201-230 gu ในขณะที่ค่าผิดปกติของความถ่วงบนหมูหินเชิร์ตเท่ากับ 231-280 gu และหมูหินเศษชิ้นเท่ากับ 190-210 gu

4. ข้อวิจารณ์ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลก

ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กโลกในพื้นที่ศึกษา ที่ได้จากการบินสำรวจทางอากาศ (survey C) มีค่าคอนทัวร์ค่อนข้างต่ำ โดยของพลูตอนลิวมีค่าคอนทัวร์ต่ำคือประมาณ 10-16 nT โดยปรากฏเป็นเส้นคอนทัวร์ต่ำและมีลักษณะปิดอยู่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพลูตอนลิวในขณะที่ค่าผิดปกติบนหมูหินเชิร์ตเท่ากับ 22-26 nT และบนหมูหินเศษชิ้นเท่ากับ 18-26 nT

ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของหินแกรนิตจากการวัดเพียง 1 ตำแหน่งในตาราง 4 พบว่ามีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่าข้อมูลที่วัดได้ แสดงว่าข้อมูลมีความเป็นนัยสำคัญต่ำ ทั้งนี้จากการนำค่ามาเฉลี่ย 3 ครั้งให้ผลการวัดลดลงเรื่อยๆ ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากพายุแม่เหล็กหรือสาเหตุอื่นในขณะที่ทำการวัด

5. ข้อวิจารณ์ผลการแปลความค่าผิดปกติของความถ่วง และค่าผิดปกติของความเข้มสนามแม่เหล็กรวมของโลก

ผลจากการศึกษาด้านความถ่วงและความเข้มสนามแม่เหล็กรวมของโลกได้แสดงเป็นแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบูเกอร์สัมบูรณ์(ค่าผิดปกติของความถ่วง) และแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลก แผนที่ประกอบด้วยเส้นคอนทัวร์ที่ลากผ่านจุดต่าง ๆ ที่มีค่าผิดปกติบูเกอร์สัมบูรณ์และ ค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กโลกเท่ากัน

ขอบเขตของพลุดอนลิวในแนวตั้ง ได้จากการแปลความหมายค่าผิดปกติของความถ่วง และค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกของพื้นที่ศึกษาวิจัย บนภาคตัดขวางซึ่งมีทิศอยู่ในแนว SW-NE จำนวน 5 แนว แต่ละแนวห่างกัน 5 กิโลเมตร แล้วสร้างแบบจำลองของพลุดอน โดยอาศัยโปรแกรม GMM และข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

ค่าผิดปกติของความถ่วงและค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลกในแนว AB จำนวนได้จากแบบจำลองพลุดอนลิวเดิม(ธงชัย พึ่งรัมย์, 2535) ไม่สอดคล้องกับค่าผิดปกติที่วัดได้ เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดในพื้นที่ศึกษา และพบว่าแบบจำลองของพลุดอนลิวที่เหมาะสม จะเป็นแกรนิตลิวซึ่งแทรกคั่นเข้ามาในหินตะกอนยุคไทรแอสซิก(หมู่หินเศษชิ้น) และวางอยู่บนหินแกรนิตสงขลา ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่า แต่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและอายุน้อยกว่าหินแกรนิตลิว(ความหนาแน่น 2620 kg/m^3 ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก 0.00001 SI และอายุยูกันเรสซิก) ซึ่งค่าผิดปกติของความถ่วงและค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก ที่คำนวณได้จากแบบจำลองสอดคล้องกับค่าผิดปกติที่วัดได้มีลักษณะเป็นรูปถ้วยหงาย มีความลึกประมาณ 450 เมตร

6. ข้อวิจารณ์ค่ากัมมันตภาพรังสีผิดปกติ

แผนที่ก่อนทัวร์ค่าผิดปกติของกัมมันตรังสีทั้ง 3 ชนิดคือ โพแทสเซียม ยูเรเนียม สมมูล และทอเรียมสมมูล พบว่าสามารถกำหนดขอบเขตของพลุดอนลิวในแนวราบได้ชัดเจน กล่าวคือมีลักษณะเป็นพื้นที่วงกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 9 กิโลเมตร ปรากฏอยู่เหนือพลุดอนลิวบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา(ภาพประกอบ 6)

การวิเคราะห์ ปริมาณโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูลโดยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมาพบว่าหินแกรนิตลิวมีปริมาณโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูลและทอเรียมสมมูลสูงกว่าหมู่หินเศษชิ้นและหมู่หินชีรต์ โดยหินแกรนิตลิวมีปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย 6.40 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณยูเรเนียมสมมูลเฉลี่ย $19.63 \pm 0.41 \text{ ppm}$ และปริมาณทอเรียมสมมูลเฉลี่ย $32.17 \pm 4.24 \text{ ppm}$ ในขณะที่หมู่หินเศษชิ้นมีปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย 1.93 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณยูเรเนียมสมมูลเฉลี่ย $4.98 \pm 0.22 \text{ ppm}$ และปริมาณทอเรียมสมมูลเฉลี่ย $13.92 \pm 4.13 \text{ ppm}$ หมู่หินชีรต์มีปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย 1.16 ± 0.12 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณยูเรเนียมสมมูลเฉลี่ย $3.15 \pm 0.17 \text{ ppm}$ และปริมาณทอเรียมสมมูลเฉลี่ย $11.05 \pm 4.11 \text{ ppm}$ ดังนั้นบริเวณที่เส้นกอนทัวร์ของโพแทสเซียม, ยูเรเนียมสมมูลและทอเรียมสมมูล มีค่าสูงจึงปรากฏอยู่เหนือบริเวณพลุดอนลิวเท่านั้น

สรุปผลการวิจัย

วิธีทางธรณีฟิสิกส์ด้านความถ่วง ซึ่งใช้ประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนาแน่น ระเบียบวิธีแม่เหล็กซึ่งใช้ประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก และระเบียบวิธีกัมมันตรังสีซึ่งใช้ประโยชน์จากปริมาณกัมมันตภาพรังสีจากหินและแร่ สามารถนำมาใช้สำหรับการกำหนดขอบเขตของพลูตอนลิว จังหวัดสงขลา ทั้งในแนวตั้งและแนวราบ โดยพบว่าพลูตอนลิว ซึ่งแทรกซอนเข้ามาในหินตะกอนยุคไทรแอสซิก มีรูปร่างของถ้วยหงาย มีความลึกประมาณ 450 เมตรและมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 14-20 กิโลเมตรที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง และพบว่าคอนทัวร์ค่าผิดปกติด้านกัมมันตภาพรังสี (โพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล) สามารถกำหนดขอบเขตของพลูตอนลิวในระดับดิน (ระดับผิวดิน) โดยปรากฏอยู่เหนือบริเวณที่มีหินโผล่ของแกรนิตลิว ทั้งนี้เนื่องจากกัมมันตภาพรังสีถูกดูดกลืนไว้ได้โดยง่าย โดยดินซึ่งหนาไม่กี่เซนติเมตร นอกจากนี้ผลจากการศึกษาพลูตอนลิว จังหวัดสงขลา ด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์ในครั้งนี้ ได้ตรวจพบว่าจะมีหินฐาน ซึ่งมีความหนาแน่นมาก แต่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กน้อย วางต่ออยู่ข้างล่างหินตะกอนยุคไทรแอสซิก ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้หินฐานนี้เป็นหินแกรนิตสงขลา ซึ่งโผล่เป็นเทือกเขาแนวเหนือ-ใต้ ตั้งแต่อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ถึง อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา และอยู่ห่างจากพื้นที่ศึกษาไปทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 20 กิโลเมตร

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพของพลูตอนลิวกับหินข้างเคียง เช่น ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและความหนาแน่น จะเป็นตัวกำหนดขอบเขตที่ถูกต้องของพลูตอนลิวจากผลการแปลความข้อมูลความถ่วงและสนามแม่เหล็กโลก ดังนั้นในอนาคตควรเพิ่มตำแหน่งการวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กที่ตำแหน่งหิน โผล่ต่างๆของพลูตอนลิว และควรมีการจำแนกการวัดค่าความหนาแน่นของตัวอย่างหินแกรนิตเนื้อดอก และหินแกรนิตเนื้อเท่า โดยจะต้องเลือกขนาดของตัวอย่างหินให้ใหญ่กว่าขนาดของแร่เฟลด์สปาร์ที่มีอยู่ในตัวอย่างหินแกรนิตให้เหมาะสม

บรรณานุกรม

- กิตติชัย วัฒนานิกร. 2524. เอกสารประกอบการสอนกระบวนการสอนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานในทาง
ธรณีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 1. ม.ป.ท. : ม.ป.พ.
- , 2526. การสำรวจธรณีฟิสิกส์สำหรับนักธรณีวิทยาและวิศวกร. พิมพ์ครั้งที่ 1.
กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์.
- , 2527. การศึกษารากแก้วกับมันฝรั่งอย่างเป็นระบบในหินชนิดต่างๆในบริเวณภาค
เหนือของประเทศไทย. ม.ป.ท. : ม.ป.พ.
- , 2536. ธรณีฟิสิกส์ โครงสร้าง รูปทรงและสมบัติของโลก. พิมพ์ครั้งที่ 1.
เชียงใหม่ : สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธงชัย พึ่งรัศมี. 2531. ธรณีวิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โอ เอส.พรินต์ติ้ง
เฮาส์.
- , 2527. เอกสารการสอนวิชา กำเนิดของแหล่งแร่. สงขลา : ภาควิชา
วิศวกรรมเหมืองแร่ฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย.(สำเนา)
- , 2535. ธรณีวิทยาแหล่งแร่คูปอบริเวณหินแกรนิตลิว่ง อำเภอนะนาหว้า-
เทพา จังหวัดสงขลา. สงขลา : ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ทรัพย์ากรธรณี, กรม. 2532. ข้อมูลรังสีและสนามแม่เหล็กกรรมของโลกจากการบินสำรวจ.
(แผ่นบันทึกข้อมูล) กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี.
- เทิดทูน ทองเจิม. 2537. "การวิเคราะห์ไอโซโทปกับมันฝรั่งและจำแนกชนิดสารประกอบ
พื้นฐานในสมุนไพรไฟนาตูโบ", โครงการฟิสิกส์. (สำเนา)

- ปัญญา จารุศิริ วสันต์ พงศาพิชญ์ และชัยยุทธ ชันทปราบ. 2534. "แนวหินแกรนิตในประเทศไทย : หลักฐานใหม่ $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$ ", ข่าวสารธรณี. 36(มกราคม 2534) 43-62.
- มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะวิทยาศาสตร์. ภาควิชาธรณีวิทยา. 2527. ธรณีวิทยาเล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- ยงยุทธ ตรังคसार. 2523. ธรณีวิทยาและแหล่งแร่ในบริเวณจังหวัดสงขลา. สงขลา : สำนักงานทรัพยากรธรณีเขตสงขลา.
- วรวิทย์ โลหะวิจารณ์. 2537. "การสำรวจแกรนิต". สงขลา : ห้องปฏิบัติการธรณีฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.(สำเนา)
- แผนที่ทหาร, กรม. แผนที่ภูมิประเทศ 1/50,000 ลำดับชุด L7017
- Am,K. 1972. "The Arbitrarily Magnetized dyke ; Internation by charateristics", Geoexploration. 10(1972), 63-90.
- Al-Rawi,F.and Brooks,M. 1992. "A deep crustal model to explain regional aeromagnetic and gravity anomalies in southwest England", Tectonophysics. 212(1992), 109-115.
- Bott,M.H.P. and Smithson,S.B. 1967. "Gravity Investigations of Subsurface Shape and Mass Distributions of Granite Batholiths", Geological Society of America Bulletin. 78(1967), 859-878.
- Bunopas,S.1982."Paleogeographic history of western Thailand and adjacent parts of South-East Asia-A plate tectonics interpretation,"Ph.D.Thesis, Victoria University of Wellington, New Zealand. reprinted 1982, Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Thailand.

Department of Mineral Resources, 1989. Aeromagnetic Map (Survey A, Survey C) 1/50,000. Bangkok .

Enmark,T. 1980. "A Preliminary model of the deep structure of the Arvidsjaur granite intrusion in Northern Sweden," In Development of Optimization Procedures for Gravity and Magnetic Interpretation and Their Application to Some Geological Structures in Northern Sweden, pp.36-76. Sweden : University of Lulea.

-----and Nisca,D.H. 1982. " The Gallejaur Intrusion in Northern Sweden A Geophysical Study ", In Development of Optimization Procedures for Gravity and Magnetic Interpretation and Their Application to Some Geological Structures in Northern Sweden, pp.36-76. Sweden : University of Lulea.

Enmark,T., et al. 1980. " Acombined Geological, Petrophysical and Geophysical of the Nottrask Gabbro, Northern Sweden, In Development of Optimization Procedures for Gravity and Magnetic Interpretation and Their Application to Some Geological Structures in Northern Sweden, pp. 77-129. Sweden : University of Lulea.

-----, and Parasnis,D.S. 1980. " Ambiguity in gravity interpretation and the deep structure of the Jörn-Bastutrask area of the Skellefte field in Northern Sweden ", In Development of Optimization Procedures for Gravity and Magnetic Interpretation and Their Application to Some Geological Structures in Northern Sweden, pp.26- 35. Sweden : University of Lulea, Geological Research Project Prince of Songkhla University. 1980. Some Triassic and Associated strata of southern Thailand. s.l. : s.n.

Ishihara, S., Sawata, H., Arpornsuwan, S., Busarcome, P., and Bungbrakearti, N., 1979. "The magnetic-series and ilmenite-series granitoids and their bearing on tin

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลความถ่วงที่ได้จากการวัดใน อำเภอจะนะ เทพา นาทวี และอำเภอสะบ้าย้อย

gravimeter:LACOARSE & ROMBERGE G-490

$g_{lat} : 9780318 * (1 + 0.0053024 * [\sin(lat)]^2) - 0.0000059 * [\sin^2(2lat)]^2$

FC : $3.072 * H$

BC : $0.0004191 * 2500 * H$

TC : $T * 2500$

BA : $g_{obs} - g_{lat} + FC - BC + TC$

density : 2500 kg/m^3

```
=====
STN X-GRID Y-GRID  LAT   g_obs   g_lat   H     FC    BC    TC    BA
                        (deg)   (gu)    (gu)   (m)   (gu)  (gu)  (gu)  (gu)
                        9781____ 9780____
=====
```

```

P0 699000 754600 6.824 203.6 47.0 23.087 71 21 2.02 208
p1 699350 754450 6.823 191.8 46.7 20.978 64 19 1.61 192
p2 699700 754000 6.819 166.6 45.8 28.331 87 26 1.83 183
p3 700000 753600 6.815 152.2 45.1 27.165 83 25 2.38 168
p4 700500 753500 6.814 119.2 44.9 41.816 128 39 1.98 166
p5 700950 753000 6.810 109.7 43.9 49.841 153 46 4.31 177
p6 701400 753200 6.811 144.8 44.3 54.679 168 50 5.35 223
p7 701900 753050 6.810 1.7 44.0 66.018 203 61 4.27 104
p8 702250 752800 6.808 60.3 43.5 74.671 229 69 4.00 181
p0 702350 754600 6.824 203.6 47.0 23.087 71 21 2.02 208

p8 702250 752800 6.808 60.3 43.5 74.671 229 69 4.00 181

```


p9	702350	752500	6.805	66.3	42.9	74.601	229	69	3.12	187
p10	702900	752150	6.802	79.8	42.3	65.657	202	61	3.52	182
p11	703400	751950	6.800	97.3	41.9	58.668	180	54	3.17	185
p12	703800	751800	6.799	126.5	41.6	39.689	122	37	3.89	174
p13	704300	751650	6.797	121.8	41.3	45.077	138	42	7.04	184
p14	704800	751550	6.797	138.0	41.1	42.517	131	39	6.29	195
p8	702250	752800	6.808	60.3	43.5	74.671	229	69	4.00	181
p14	704800	751550	6.797	138.0	41.1	42.517	131	39	6.29	195
p15	705100	751250	6.794	163.0	40.5	32.880	101	30	3.92	197
p16	700400	751450	6.796	141.3	40.9	39.392	121	36	7.44	193
p17	750750	751550	6.797	154.8	41.1	36.998	114	34	5.19	198
p18	707350	751550	6.797	164.6	41.1	38.232	117	35	2.60	208
p19	706750	751300	6.794	194.4	40.6	27.737	85	26	4.22	218
p20	707200	751200	6.793	201.9	40.5	25.145	77	23	3.76	219
p21	707200	751000	6.792	200.9	40.1	29.205	90	27	3.56	227
p22	706850	750600	6.788	210.5	39.3	22.712	70	21	1.87	222
p23	706750	750200	6.784	193.6	38.5	25.527	78	24	1.91	212
p24	706550	749750	6.780	191.1	37.7	23.590	72	22	1.78	206
p25	706500	749300	6.776	172.8	36.8	29.714	91	27	1.32	201
p26	706500	748800	6.772	159.4	35.9	34.457	106	32	1.06	199
p27	706500	748250	6.767	158.4	34.8	33.721	104	31	1.21	197
p28	706450	747850	6.763	162.6	34.1	31.243	96	29	0.97	197
p29	706500	747400	6.759	168.6	33.2	29.425	90	27	1.10	200
p30	706850	746950	6.755	171.5	32.3	29.598	91	27	0.73	204
p31	706700	746350	6.750	171.3	31.2	25.125	77	23	1.36	195
p14	704800	751550	6.797	138.0	41.1	42.517	131	39	6.29	195
p30	706850	746950	6.755	171.5	32.3	29.598	91	27	0.73	204

p32	706100	746750	6.753	156.3	32.0	39.773	122	37	1.72	212
p33	705650	746600	6.752	131.9	31.7	43.054	132	40	11.18	204
p34	705200	746800	6.754	94.0	32.1	54.927	169	51	3.76	184
p35	704700	746800	6.754	102.7	32.1	46.665	143	43	2.31	173
p36	704200	746950	6.755	80.4	32.3	53.417	164	49	2.46	165
p37	703750	747200	6.757	54.3	32.8	68.148	209	63	3.83	172
p30	706850	746950	6.755	171.5	32.3	29.598	91	27	0.73	204
p30	706850	746950	6.755	171.5	32.3	29.598	91	27	0.73	204
p38	706000	748800	6.772	124.1	35.9	48.657	149	45	1.50	194
p39	705600	748800	6.772	106.6	35.9	48.964	150	45	1.91	178
p40	705050	749000	6.774	94.4	36.2	50.219	154	46	2.22	168
p41	704550	748850	6.772	106.2	36.0	41.269	127	38	2.31	161
p26	698600	748800	6.772	159.4	35.9	29.598	91	27	1.06	188
p0	699000	754600	6.824	203.6	47.0	23.087	71	21	2.02	208
p42	698600	754250	6.821	209.6	46.3	23.313	72	21	1.17	215
p43	698150	754100	6.820	210.0	46.0	20.408	63	19	1.23	209
p44	697750	753950	6.818	221.1	45.7	18.150	56	17	0.99	215
p45	697350	753600	6.815	214.4	45.1	21.819	67	20	1.14	217
p46	697050	753200	6.811	209.5	44.3	22.786	70	21	0.81	215
p47	696750	752600	6.806	213.1	43.1	22.488	69	21	1.08	219
p48	696650	752350	6.804	208.5	42.7	20.879	64	19	0.79	212
p49	696450	751900	6.800	200.8	41.8	25.785	79	24	1.08	216
p50	696150	751500	6.796	198.0	41.0	24.218	74	22	1.21	210
p51	695900	751100	6.792	204.7	40.3	21.298	65	20	0.99	211
p52	695600	750700	6.789	204.2	39.5	21.043	65	19	0.90	211
p53	695300	750300	6.785	197.7	38.7	25.389	78	23	1.39	215
p54	694900	750150	6.784	185.4	38.4	34.287	105	32	1.63	222

p55	694700	749750	6.780	218.2	37.7	20.166	62	19	1.58	226
p56	694400	749250	6.776	209.0	36.7	20.526	63	19	1.36	218
p57	693500	749250	6.776	219.3	36.7	20.101	62	19	1.03	227
p58	693350	749200	6.775	231.3	36.6	17.246	53	16	0.81	233
p0	699000	754600	6.824	203.6	47.0	23.087	71	21	2.02	208

p43	698150	754100	6.820	210.0	46.0	20.408	63	19	1.23	209
p59	698150	753600	6.815	202.0	45.1	20.971	64	19	1.30	203
p60	698200	753100	6.811	186.0	44.1	24.592	76	23	1.39	196
p61	697900	752650	6.807	178.1	43.2	21.361	66	20	1.36	182
p62	697850	752200	6.802	156.1	42.4	27.651	85	25	1.30	174
p63	698050	751800	6.799	149.8	41.6	27.504	84	25	1.91	169
p64	698150	751300	6.794	134.6	40.6	34.692	107	32	2.16	171
p65	698200	750800	6.790	109.5	39.7	41.022	126	38	2.79	161
p66	698500	750400	6.786	87.0	38.9	49.796	153	46	3.83	159
p43	698150	754100	6.820	210.0	46.0	20.408	63	19	1.23	209

p43	698150	754100	6.820	210.0	46.0	20.408	63	19	1.23	209
p67	699000	754000	6.819	185.9	45.8	23.344	72	22	1.50	192
p68	699450	753900	6.818	185.3	45.6	24.597	76	23	1.50	194
p69	699400	753350	6.813	160.9	44.6	30.386	93	28	1.80	183
p70	699500	752600	6.806	144.9	43.1	32.887	101	30	2.02	174
p71	699800	752450	6.805	119.4	42.8	44.111	136	41	3.15	175
p43	698150	754100	6.820	210.0	46.0	20.408	63	19	1.23	209

p43	698150	754100	6.820	210.0	46.0	20.408	63	19	1.23	209
p72	697750	754550	6.824	235.0	46.9	12.438	38	11	4.09	219
p73	697700	755050	6.828	244.0	47.8	12.463	38	11	0.70	224
p74	697900	755500	6.832	237.5	48.7	17.134	53	16	0.77	226

p75	698150	755850	6.835	237.0	49.4	15.591	48	14	1.06	222
p76	698500	756250	6.839	231.7	50.1	16.854	52	16	1.17	219
p77	698600	756450	6.841	231.2	50.5	17.618	54	16	1.17	220
p78	699000	756600	6.842	227.1	50.8	9.856	30	9	1.34	199
p79	699500	757000	6.846	240.9	51.6	4.715	14	4	1.25	201
p80	699850	757250	6.848	238.2	52.1	8.768	27	8	1.72	207
p81	700200	757500	6.850	237.6	52.6	6.496	20	6	1.25	200
p82	700300	757750	6.853	242.6	53.0	7.597	23	7	1.50	207
p83	701000	757700	6.852	235.2	52.9	10.192	31	9	1.63	206
p84	701400	757450	6.850	232.0	52.5	9.567	29	9	1.74	202
p85	701850	757500	6.850	237.5	52.6	10.924	34	10	2.82	211
p86	702000	758000	6.855	244.6	53.5	12.437	38	11	2.18	220
p87	702050	758400	6.858	248.7	54.3	11.811	36	11	1.85	222
p43	698150	754100	6.820	210.0	46.0	20.408	63	19	1.23	209
p87	702050	758400	6.858	210.0	54.3	11.811	36	11	1.85	183
p88	702450	758500	6.859	214.3	54.5	10.292	32	9	1.67	184
p89	702800	758700	6.861	210.4	54.9	9.026	28	8	2.05	177
p90	703250	758700	6.861	213.0	54.9	9.425	29	9	2.18	181
p91	703700	758850	6.863	209.2	55.2	12.833	39	12	2.27	184
p92	704200	758800	6.862	207.4	55.1	10.560	32	10	1.89	177
p93	704700	758750	6.862	212.8	55.0	10.959	34	10	1.96	183
p94	705200	758650	6.861	198.1	54.8	17.613	54	16	1.89	183
p95	705500	758250	6.857	211.4	54.0	11.013	34	10	2.24	183
p96	705750	758000	6.855	203.8	53.5	18.487	57	17	2.07	192
p97	706200	757750	6.853	220.6	53.0	10.623	33	10	2.31	193
p98	706700	757850	6.854	228.8	53.2	8.025	25	7	2.24	195
p99	707200	758050	6.855	249.0	53.6	4.836	15	4	1.76	208
p100	707650	758200	6.857	250.3	53.9	4.234	13	4	1.45	207

p101	707950	758550	6.860	259.8	54.6	1.558	5	1	1.28	210
p102	708050	758100	6.856	252.2	53.7	5.285	16	5	1.56	211
p103	708200	757600	6.851	239.7	52.8	4.018	12	4	2.71	198
p104	708400	757200	6.848	238.3	52.0	6.562	20	6	3.06	203
p105	708300	756700	6.843	233.1	51.0	8.031	25	7	4.60	204
p87	702050	758400	6.858	210.0	54.3	11.811	36	11	1.85	183
p105	708300	756700	6.843	233.1	51.0	8.031	25	7	4.60	204
p106	708250	756200	6.839	219.7	50.1	13.824	42	13	3.30	203
p107	708350	755750	6.835	206.8	49.2	15.222	47	14	4.05	194
p108	708450	755250	6.830	199.5	48.2	19.558	60	18	8.87	202
p109	708400	754850	6.826	194.2	47.5	24.249	74	22	8.18	207
p110	708500	754400	6.822	193.1	46.6	19.113	59	18	11.64	199
p111	708400	753900	6.818	177.6	45.6	23.466	72	22	4.58	187
p112	708750	753450	6.814	183.5	44.8	20.603	63	19	4.40	187
p113	708350	753200	6.811	190.2	44.3	19.018	58	18	7.22	194
p114	708100	752550	6.806	186.5	43.0	16.178	50	15	4.88	183
p115	707750	752450	6.805	180.1	42.8	17.560	54	16	2.88	178
p116	707250	752100	6.802	173.1	42.2	20.960	64	19	2.64	179
p117	707350	751600	6.797	164.2	41.2	25.920	80	24	2.20	181
p118	707850	751350	6.795	167.5	40.7	22.209	68	20	1.87	176
p119	708300	751450	6.796	176.9	40.9	18.304	56	17	1.65	177
p120	708750	751700	6.798	195.9	41.4	17.078	52	16	1.89	193
p121	708900	752100	6.802	200.8	42.2	17.503	54	16	2.31	199
p122	708850	752600	6.806	204.5	43.1	17.931	55	17	3.30	203
p123	708800	753100	6.811	184.4	44.1	28.964	89	27	4.47	207
p105	708300	756700	6.843	233.1	51.0	8.031	25	7	4.60	204
p120	708750	751700	6.798	195.9	41.4	17.078	52	16	1.89	193

p124	709200	751750	6.798	205.9	41.5	17.822	55	16	3.12	206
p125	709250	751450	6.796	209.4	40.9	15.353	47	14	22.33	224
p126	709950	751400	6.795	214.5	40.8	10.979	34	10	2.49	200
p127	710200	750950	6.791	180.8	40.0	24.291	75	22	2.35	195
p128	710300	750750	6.789	213.5	39.6	14.023	43	13	2.02	206
p129	711000	750550	6.788	214.8	39.2	8.867	27	8	2.27	197
p130	711200	750700	6.789	207.6	39.5	11.720	36	11	3.28	197
p131	711800	750850	6.790	214.3	39.8	5.384	17	5	2.60	189
p132	712350	751000	6.792	216.9	40.1	5.546	17	5	1.43	190
p133	712400	751300	6.794	221.6	40.6	3.730	11	3	1.56	191
p134	712950	751600	6.797	219.9	41.2	5.285	16	5	0.81	191
p135	713200	751750	6.798	224.4	41.5	2.879	9	3	1.87	191
p136	713900	751800	6.799	228.2	41.6	2.454	8	2	0.40	192
p137	714200	752050	6.801	231.4	42.1	1.438	4	1	0.29	193
p138	714850	752250	6.803	234.6	42.5	1.532	5	1	0.20	196
p139	715250	752450	6.805	239.6	42.8	1.036	3	1	0.18	199
p140	715750	752400	6.804	247.8	42.7	0.398	1	0	0.09	206
p141	716150	752500	6.805	251.7	42.9	0.494	2	0	0.11	210
p142	716500	752900	6.809	253.7	43.7	1.395	4	1	0.11	213
bm00	716750	759150	6.865	242.4	55.7	0.000	0	0	0.00	187
p120	708750	751700	6.798	195.9	41.4	17.078	52	16	1.89	193
p102	708050	758100	6.856	252.2	53.7	5.285	16	5	1.56	211
p143	708550	758350	6.858	267.9	54.2	5.549	17	5	1.72	227
p144	708900	758500	6.859	266.9	54.5	5.835	18	5	1.74	227
p145	709200	758100	6.856	273.0	53.7	6.453	20	6	1.52	235
p146	709600	757750	6.853	268.6	53.0	7.065	22	7	1.80	233
p147	709900	757400	6.849	269.8	52.4	6.343	19	6	2.24	233
p148	710300	757100	6.847	255.4	51.8	14.998	46	14	2.02	238

p149	710400	756800	6.844	257.8	51.2	12.261	38	11	3.89	237
p150	711150	756800	6.844	257.5	51.2	14.223	44	13	3.10	240
p151	711450	756750	6.844	266.6	51.1	10.818	33	10	1.83	241
p152	712200	756800	6.844	270.7	51.2	6.723	21	6	1.12	235
p153	712500	756400	6.840	263.9	50.4	5.590	17	5	1.01	227
p154	712850	756750	6.844	257.4	51.1	6.629	20	6	0.75	221
p155	713300	756550	6.842	255.2	50.7	7.237	22	7	6.31	226
p156	713800	756500	6.841	255.0	50.6	6.515	20	6	0.22	219
p157	714250	756350	6.840	255.0	50.3	11.142	34	10	0.24	229
p158	714450	756300	6.840	254.1	50.2	6.446	20	6	0.20	218
p159	715250	756400	6.840	250.9	50.4	2.442	8	2	0.20	206
p160	715700	756300	6.840	249.8	50.2	1.740	5	2	0.13	203
p161	715950	755950	6.836	249.9	49.6	5.624	17	5	0.09	212
p162	716400	755800	6.835	254.6	49.3	2.316	7	2	0.04	210
bm00	716750	759150	6.865	242.4	55.7	0.285	1	0	0.00	187
p157	714250	756350	6.840	255.0	50.3	11.142	34	10	0.24	229
p163	714250	755800	6.835	254.1	49.3	10.386	32	10	0.15	227
p164	714100	755350	6.831	250.3	48.4	6.894	21	6	0.42	217
p165	714200	754900	6.827	249.5	47.6	5.605	17	5	0.51	215
p166	713950	754500	6.823	245.6	46.8	2.488	8	2	0.48	205
p167	713400	754050	6.819	242.6	45.9	3.637	11	3	0.46	205
p168	713250	753750	6.816	242.9	45.3	1.762	5	2	0.79	202
p169	713400	753200	6.811	238.6	44.3	2.445	8	2	0.97	201
p170	713250	752800	6.808	230.7	43.5	3.820	12	4	0.44	196
p171	713550	752400	6.804	226.7	42.7	3.191	10	3	0.68	191
p172	713550	751900	6.800	226.6	41.8	6.670	20	6	0.57	200
p135	713200	751750	6.798	224.4	41.5	3.142	10	3	1.87	192
p170	713250	752800	6.808	230.7	43.5	3.820	12	4	0.44	196

p173	713850	753100	6.811	233.9	44.1	3.595	11	3	0.46	198
p174	714350	753050	6.810	237.1	44.0	0.946	3	1	0.44	196
p175	714800	753000	6.810	241.5	43.9	-0.711	-2	-1	0.35	196
p176	715300	752900	6.809	246.0	43.7	0.607	-2	-1	0.13	208
p178	716100	753050	6.810	255.6	44.0	0.050	0	0	0.13	212
p142	716500	752900	6.809	253.7	43.7	0.820	3	1	0.11	212
p173	713850	753100	6.811	233.9	44.1	3.595	11	3	0.46	198
p179	713000	753000	6.810	231.8	43.9	3.822	12	4	1.08	197
p180	712750	753350	6.813	239.8	44.6	6.676	21	6	1.47	211
p181	712500	753700	6.816	242.3	45.2	4.217	13	4	1.98	208
p182	712150	754100	6.820	240.2	46.0	7.046	22	6	3.54	213
p183	712250	754500	6.823	240.4	46.8	5.277	16	5	1.76	207
p184	712600	754900	6.827	249.9	47.6	3.481	11	3	1.45	211
p185	712750	755350	6.831	252.9	48.4	5.647	17	5	1.06	218
p186	712600	755750	6.835	252.3	49.2	8.485	26	8	1.21	223
p187	712550	756250	6.839	258.7	50.1	6.037	19	6	1.23	223
p153	712500	758700	6.861	263.9	54.9	5.595	17	5	1.01	222
p144	708900	758500	6.859	266.9	54.5	5.835	18	5	1.74	227
p188	709200	758700	6.861	273.7	54.9	1.618	5	1	1.63	224
p189	709600	758800	6.862	262.2	55.1	10.167	31	9	1.83	231
p190	710100	758900	6.863	270.2	55.3	4.743	15	4	1.25	226
p191	710400	759200	6.866	256.3	55.8	14.059	43	13	2.75	233
p192	710500	759700	6.870	278.3	56.8	6.645	20	6	0.99	237
p193	710800	760000	6.873	274.3	57.4	5.986	18	6	0.73	230
p194	711200	760250	6.875	272.4	57.9	3.885	12	4	0.42	223
p195	711250	760750	6.880	268.9	58.8	5.881	18	5	0.24	223
p196	711300	761200	6.884	272.1	59.7	2.131	7	2	0.20	217

p197	711300	761700	6.888	275.1	60.7	4.452	14	4	0.20	224
p198	711350	762250	6.893	278.4	61.8	5.228	16	5	0.09	228
p199	711400	752650	6.807	275.5	43.2	3.244	10	3	0.09	239
bm00	716750	759150	6.865	242.4	55.7	-0.165	-1	-0	0.00	186
p31	706700	746350	6.750	171.3	33.64	25.000	77	23	1.36	193
p200	706850	746000	6.750	173.3	33.64	21.956	67	20	0.99	188
p201	707000	745500	6.745	168.2	32.66	20.805	64	19	0.70	181
p202	706850	745100	6.742	162.9	31.88	25.018	77	23	0.59	185
p203	706600	744800	6.739	162.6	31.30	27.869	86	26	0.70	192
p204	706350	744450	6.736	160.6	30.61	22.215	68	20	0.75	179
p205	706150	744000	6.731	146.9	29.74	28.697	88	26	0.97	180
p206	706000	743550	6.727	149.3	28.86	23.356	72	22	0.73	171
p207	705850	743100	6.723	155.8	27.98	20.326	62	19	0.73	172
p208	708250	743550	6.727	198.7	28.86	22.970	71	21	1.19	220
p209	708100	744000	6.731	194.2	29.74	23.630	73	22	0.99	216
p210	708000	744500	6.736	179.5	30.71	28.034	86	26	0.64	210
p211	707900	744950	6.740	180.7	31.59	28.309	87	26	0.77	211
p212	707850	745400	6.744	190.8	32.47	24.279	75	22	0.90	211
p31	706700	746350	6.750	171.3	33.64	25.000	77	23	1.36	193
p202	706850	745100	6.742	162.9	31.88	25.018	77	23	0.59	185
p213	707450	745400	6.744	177.8	32.47	20.218	62	19	1.03	190
p214	707900	745500	6.745	192.9	32.66	24.586	76	23	0.66	214
p215	708300	745750	6.748	192.0	33.15	25.630	79	24	0.40	214
p216	708750	745800	6.748	201.1	33.25	28.566	88	26	0.55	230
p217	709300	745800	6.748	215.5	33.25	31.835	98	29	1.43	252
p218	709700	745500	6.745	222.4	32.66	28.553	88	26	0.55	252
p219	710100	745400	6.744	224.1	32.47	35.054	108	32	0.64	268

p220	710250	745000	6.741	230.6	31.69	32.430	100	30	0.66	269
p221	710500	744750	6.738	231.2	31.20	34.474	106	32	0.37	274
p222	710900	744500	6.736	234.8	30.71	38.997	120	36	1.91	290
p202	706850	745100	6.742	162.9	31.88	25.018	77	23	0.59	185
p202	706850	745100	6.742	162.9	31.88	25.018	77	23	0.59	185
p223	705750	744350	6.735	143.0	30.42	30.496	94	28	1.47	180
p224	705600	744650	6.738	142.0	31.00	29.140	90	27	3.08	177
p225	705200	744800	6.739	134.5	31.30	31.182	96	29	5.19	175
p226	704650	744750	6.738	95.7	31.20	34.558	106	32	6.47	145
p227	704300	744900	6.743	70.0	32.08	77.486	238	71	5.52	210
p229	703500	745200	6.743	47.7	32.08	83.213	256	77	4.55	199
p230	703150	745400	6.744	26.5	32.47	88.266	271	81	3.32	187
p231	702750	745400	6.744	22.2	32.47	94.218	289	87	4.25	197
p232	702250	745500	6.745	21.6	32.66	98.320	302	91	4.55	205
p233	701850	745400	6.744	25.5	32.47	96.381	296	89	3.30	204
p204	706350	744450	6.736	160.6	30.61	25.018	77	23	0.75	185
p205	706150	744000	6.731	146.9	29.74	28.697	88	26	0.97	180
p234	702500	742850	6.721	67.5	27.50	31.290	96	29	3.30	111
p235	702200	743200	6.724	39.7	28.18	42.537	131	39	2.44	105
p236	702000	743550	6.727	38.9	28.86	42.173	130	39	2.42	103
p237	701700	743950	6.731	14.4	29.64	53.337	164	49	2.38	102
p238	701500	744350	6.735	-58.4	30.42	93.282	287	86	3.12	115
p239	699150	742250	6.715	-17.5	26.33	74.549	229	69	2.68	119
p240	699350	742600	6.719	-9.6	27.01	68.370	210	63	3.12	113
p241	699400	743100	6.723	-25.2	27.98	75.066	231	69	3.45	112
p242	699500	743550	6.727	-69.6	28.86	96.958	298	89	8.45	118

p243	699300	744000	6.731	-9.8	29.74	67.551	208	62	6.05	112
p244	698900	744250	6.734	-0.7	30.22	74.193	228	68	3.70	132
p245	698400	744300	6.734	25.0	30.32	55.707	171	51	5.65	120
p246	697950	744300	6.734	30.7	30.32	52.647	162	49	7.04	121
p205	706150	744000	6.731	146.9	29.74	28.697	88	26	0.97	180
p201	707000	745500	6.745	168.2	32.66	20.805	64	19	0.70	181
p247	707450	745800	6.748	168.2	33.25	20.074	62	19	0.73	179
p248	707900	746150	6.748	175.2	33.16	17.380	53	16	0.44	180
p249	708350	746250	6.749	184.4	33.35	14.538	45	13	0.53	183
p250	708700	746500	6.751	178.0	33.83	17.883	55	16	0.73	183
p251	709000	746800	6.754	174.4	34.40	19.594	60	18	0.46	183
p252	709250	747250	6.758	165.3	35.26	23.446	72	22	0.59	181
p253	709750	747250	6.758	171.3	35.26	20.752	64	19	0.51	181
p254	710200	747450	6.759	178.9	35.64	18.407	57	17	0.55	183
p255	710500	747800	6.763	184.2	36.31	15.531	48	14	0.40	182
p256	710750	748050	6.765	177.4	36.79	21.178	65	20	1.12	187
p257	711200	748150	6.766	185.7	36.98	15.193	47	14	0.46	182
p258	711600	748050	6.765	171.9	36.79	18.070	56	17	0.35	174
p259	712050	748050	6.765	165.3	36.79	18.317	56	17	0.42	168
p260	712500	748150	6.766	151.9	36.98	24.144	74	22	0.31	167
p261	712950	748300	6.767	145.1	37.27	19.805	61	18	0.18	151
p262	713400	748300	6.767	135.0	37.27	22.022	68	20	0.11	145
p263	713950	748250	6.767	127.9	37.17	23.432	72	22	0.13	141
p264	714450	748250	6.767	125.1	37.17	21.866	67	20	0.04	135
p265	714900	748300	6.767	119.9	37.27	24.083	74	22	0.04	134
p178	716000	753050	6.810	151.6	46.38	20.805	64	19	0.13	150
p251	709000	746800	6.75	174.4	34.4	19.59	60	18	0.46	183
p266	709050	747400	6.76	164.7	35.5	20.57	63	19	0.77	174
p267	709050	747900	6.76	178.3	36.5	20.79	64	19	0.81	187

p268	709050	748300	6.77	191.9	37.3	15.79	48	15	0.84	189
p269	709400	748700	6.77	195.6	38.0	16.65	51	15	0.75	194
p270	709600	749200	6.78	193.1	39.0	14.89	46	14	0.59	187
p271	709800	749600	6.78	198.8	39.8	23.25	71	21	0.97	210
p272	709950	750050	6.78	199.0	40.6	21.15	65	20	1.45	205
p273	710250	750300	6.79	215.1	41.1	17.45	54	16	0.79	212
p274	710750	750400	6.79	213.4	41.3	20.90	64	19	0.79	218
p275	711150	750500	6.79	214.4	41.5	19.13	59	18	0.84	215
p276	711600	750600	6.79	215.8	41.7	16.76	51	15	1.23	211
p131	711800	750850	6.79	214.3	42.2	19.59	60	18	2.60	217
p131	711800	750850	6.79	214.3	42.2	19.59	60	18	2.60	217
p277	709200	749200	6.78	203.5	39.0	23.96	74	22	0.51	216
p278	708800	749050	6.77	186.2	38.7	28.69	88	26	0.70	210
p279	708400	749050	6.77	175.3	38.7	35.15	108	32	0.84	213
p280	707900	749050	6.77	150.8	38.7	38.26	118	35	0.95	195
p281	707400	748950	6.77	158.5	38.5	37.09	114	34	0.84	201
p282	706900	748900	6.77	155.4	38.4	37.65	116	35	0.73	199
p283	707250	749500	6.78	167.1	39.6	35.57	109	33	0.53	204
p284	707100	749950	6.78	200.0	40.4	27.51	85	25	1.47	220
p285	707000	750350	6.79	204.9	41.2	26.50	81	24	1.21	222
p22	706850	750600	6.79	218.2	41.7	19.59	60	18	1.87	220
p22	706850	750600	6.79	218.2	41.7	19.59	60	18	1.87	220
p286	706250	750550	6.79	175.3	41.6	33.38	103	31	2.24	208
p287	705800	750600	6.79	132.1	41.7	45.83	141	42	3.98	193
p288	705400	750850	6.79	169.5	42.2	17.46	54	16	3.96	169
p289	704950	750900	6.79	143.0	42.3	32.57	100	30	1.98	173
p290	704600	751100	6.79	120.6	42.6	36.29	111	33	11.24	167

p291	704200	751350	6.79	130.3	43.1	29.62	91	27	3.72	155
p292	703800	751550	6.80	129.5	43.5	28.39	87	26	3.94	151
p12	703800	751800	6.80	134.2	44.0	19.59	60	18	3.89	136
p276	711600	750600	6.79	215.8	41.7	16.10	49	15	1.23	210
p293	711550	750100	6.78	247.3	40.7	24.52	75	23	1.03	260
p294	711700	749700	6.78	207.1	40.0	35.06	108	32	0.84	243
p295	711100	749500	6.78	199.4	39.6	31.11	96	29	0.88	228
p296	712550	749250	6.78	199.3	39.1	25.84	79	24	0.48	216
p297	712950	749150	6.77	193.3	38.9	25.18	77	23	0.26	209
p298	713400	748900	6.77	185.4	38.4	21.23	65	20	0.18	193
p299	713850	748850	6.77	171.0	38.3	24.52	75	23	0.13	186
p300	714300	749000	6.77	163.9	38.6	21.89	67	20	0.13	172
p301	714700	749050	6.77	157.8	38.7	23.86	73	22	0.07	170
p302	715100	748950	6.77	144.6	38.5	23.21	71	21	0.04	156
p265	714900	748300	6.77	119.9	37.3	23.86	73	22	0.04	134
p199	711400	752650	6.81	275.5	45.6	3.0	9	3	0.09	236
p303	706600	767100	6.94	334.1	73.7	7.4	23	7	0.88	277
p304	706500	766600	6.93	327.8	72.7	1.9	6	2	0.64	260
p305	706200	766200	6.93	323.5	71.9	35.3	108	33	6.03	333
p306	706050	765750	6.92	321.8	71.0	1.1	3	1	0.81	254
p307	705900	765300	6.92	316.9	70.2	0.8	3	1	1.01	249
p308	705500	765300	6.92	310.3	70.2	2.8	9	3	1.03	247
p309	705050	765500	6.92	304.4	70.5	2.0	6	2	1.52	240
p310	704900	765250	6.92	302.8	70.1	-1.6	-5	-1	1.25	231
p311	705200	764850	6.92	299.2	69.3	0.5	1	0	1.32	232
p312	705300	764400	6.91	292.8	68.4	6.6	20	6	0.88	239
p313	705450	763850	6.91	301.1	67.3	0.1	0	0	0.79	235

p314	705650	763400	6.90	289.3	66.4	-1.8	-6	-2	0.48	219
p315	705650	762950	6.90	284.7	65.6	0.8	2	1	0.68	21
p316	705900	762500	6.90	284.0	64.7	0.3	1	0	0.75	221
p317	706100	762050	6.89	283.1	63.8	-0.5	-2	-0	0.51	219
p318	706200	761600	6.89	287.2	62.9	0.6	2	1	0.55	226
p319	706250	761200	6.88	271.0	62.2	3.2	10	3	0.46	216
p320	706500	760750	6.88	274.0	61.3	3.3	10	3	0.42	220
p321	706600	760300	6.88	270.6	60.4	2.2	7	2	0.57	216
p322	706750	759850	6.87	262.0	59.5	3.0	9	3	0.81	210
p323	707150	759550	6.87	258.3	59.0	6.9	21	6	0.64	215
p324	707550	759500	6.87	264.9	58.9	2.4	7	2	0.84	212
p325	707950	759100	6.86	267.9	58.1	2.3	7	2	0.70	216
p102	708050	758100	6.86	252.2	56.1	3.0	9	3	1.56	204

p316	705900	762500	6.90	284.0	64.7	0.3	1	0	0.75	221
p326	705400	762500	6.90	249.9	64.7	15.7	48	14	0.81	220
p327	705050	762150	6.89	254.3	64.0	13.0	40	12	0.73	219
p328	704550	762100	6.89	268.2	63.9	6.1	19	6	0.46	218
p329	704400	761700	6.89	275.0	63.1	1.9	6	2	0.70	217
p330	704150	761500	6.89	266.6	62.7	1.7	5	2	0.81	208
p331	703650	761400	6.89	260.0	62.5	4.4	14	4	1.34	208
p332	703150	761300	6.88	261.6	62.4	4.6	14	4	0.97	210
p333	702700	761500	6.89	259.5	62.7	5.7	17	5	1.01	210
p334	702300	761650	6.89	264.5	63.0	1.7	5	2	1.36	207
p335	701850	761800	6.89	257.3	63.3	5.2	16	5	0.59	206
p336	701500	762150	6.89	250.7	64.0	3.6	11	3	0.35	195
p337	701150	762300	6.89	247.5	64.3	3.4	10	3	0.46	191
p338	700800	762150	6.89	245.6	64.0	2.5	8	2	0.35	187
p339	700300	762200	6.89	247.9	64.1	3.0	9	3	0.22	190

c782	699800	762200	6.89	246.2	64.1	-0.5	-2	-0	0.18	181
p340	701550	765000	6.92	258.3	69.6	0.7	2	1	0.22	190
p341	702100	765500	6.92	255.4	70.5	9.1	28	8	2.33	207
p342	702550	765150	6.92	255.2	69.9	9.5	29	9	2.73	209
p343	703050	765250	6.92	273.8	70.1	5.0	16	5	1.58	216
p344	703400	765500	6.92	284.8	70.5	4.9	15	4	0.99	226
p345	703800	765750	6.92	289.0	71.0	8.0	25	7	1.30	236
p346	704200	765600	6.92	287.8	70.7	14.3	44	13	1.01	249
p347	704650	765500	6.92	298.5	70.5	7.9	24	7	1.01	246
p310	704900	765250	6.92	302.8	70.1	0.3	1	0	1.25	235
p310	704900	765250	6.92	302.8	70.1	0.3	1	0	1.25	235
p348	706750	765550	6.92	325.2	70.6	1.2	4	1	0.66	258
p349	707000	765600	6.92	323.6	70.7	-2.1	-6	-2	0.79	249
p350	707500	765500	6.92	325.6	70.5	-2.3	-7	-2	0.37	250
p351	707600	765750	6.92	329.5	71.0	-1.8	-6	-2	0.35	255
p352	707950	766050	6.93	337.0	71.6	-3.7	-11	-3	0.13	258
p303	706600	767100	6.94	334.1	73.7	0.3	1	0	0.88	262

ภาคผนวก ข

ความหนาแน่นของหินตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาวิจัย

รหัส	ตำแหน่ง	ความหนาแน่น kg/m ³	หิน
A9	694100E,40750N	2411	หมู่หินเศษชิ้น
A10	70110E,753175N	2688	---"
A11	701000E,744950N	2583	---"
A12	701600E,767400N	2550	หมู่หินเชิร์ต
A13	692050E,749200N	2459	---"
A14	705050E,758500N	2302	หมู่หินเศษชิ้น
A15	694650E,748250N	2502	---"
A16	710400E,759050N	2700	หมู่หินเชิร์ต
A19	701600E,767400N	2581	---"
A20	706800E,752800N	2503	หมู่หินเศษชิ้น
A21	698100E,759650N	2558	---"
A22	696900E,761300N	2518	---"
A23	704000E,758850N	2556	---"
A24	697600E,750250N	2560	---"
A25	708600E,742100N	2402	---"
A26	705600E,765400N	2557	หมู่หินเชิร์ต
A27	700600E,754100N	2525	หมู่หินเศษชิ้น
A28	706150E,753500N	2513	แกรนิต
A29	704500E,768000N	2520	หมู่หินเศษชิ้น
A30	694550E,743750N	2482	แกรนิต
A31	701300E,745100N	2570	---"
A32	705850E,748750N	2454	หมู่หินเศษชิ้น
A33	701600E,744100N	2507	แกรนิต
A34	701500E,744200N	2557	แกรนิต

รหัส	ตำแหน่ง	ความหนาแน่น kg/m ³	หิน
A35	699900E,752200N	2629	---"---
A36	692200E,745750N	2533	หมู่หินเศษชิ้น
P2	699700E,754000N	2350	---"---
P2_1	---"---	2580	---"---
P2_2	---"---	2540	---"---
P2_3	---"---	2430	---"---
P7	701900E,753050N	2530	แกรนิต
P7_1	---"---	2500	---"---
7_2	---"---	2510	---"---
P12_1	703800E,751800N	2620	หมู่หินเศษชิ้น
P12_2	---"---	2560	---"---
P12_3	---"---	2570	---"---
P12_4	---"---	2630	---"---
P17	750750E,751550N	2520	หมู่หินเชิร์ต
P17_1	---"---	2500	---"---
P39	705600E,748800N	2540	หมู่หินเศษชิ้น
P54	694900E,750150N	2730	---"---
P54_1	---"---	2590	---"---
P123	708800E,753100N	2470	---"---
P123_1	---"---	2410	---"---
P123_2	---"---	2430	---"---
P242	699500E,743550N	2540	---"---
P242_1	---"---	2530	---"---
P242_2	---"---	2540	หมู่หินเศษชิ้น
P242_3	---"---	2330	---"---
P242_4	---"---	2620	แกรนิต
P242_5	---"---	2420	---"---
P243	699300E,744000N	2630	---"---

รหัส	ตำแหน่ง	ความหนาแน่น kg/m ³	หิน
P243_1	---"---	2730	---"---
P243_2	---"---	2550	แกรนิต
P243_3	---"---	2540	หมู่หินเศษจีน
P287	705800E,750600N	2370	---"---
287_1	---"---	2500	---"---
P287_2	---"---	2500	---"---
P305	706200E,766200N	2390	หมู่หินเชิร์ต
P305_1	---"---	2380	---"---
P305_2	---"---	2440	---"---
P305_4	---"---	2540	---"---
P305_5	---"---	2530	---"---
P308_1	705500E,765300N	2220	---"---
P308_2	---"---	2460	---"---
P308_3	---"---	2430	---"---
P311	705200E,764850N	2530	---"---
P311_1	---"---	2430	---"---
P311_2	---"---	2530	หมู่หินเชิร์ต
P311_3	---"---	2500	---"---
P326	705400E,762500N	2560	---"---
P326_1	---"---	2590	---"---
P326_2	---"---	2560	---"---
P326_3	---"---	2370	หมู่หินเชิร์ต
P326_4	---"---	2580	---"---
P326_5	---"---	2340	---"---
P326_6	---"---	2580	---"---

711470.6	939.3	;	---	"	---	4	--	"	--
708667.8	922.6	;	---	"	---	5	--	"	--
703069.3	1004.1	;	---	"	---	6	--	"	--
701936.3	528.3	;	---	"	---	7	--	"	--
699736.8	419.6	;	---	"	---	8	--	"	--
698603.8	1982.9	;	---	"	---	9	--	"	--
697071.1	2037.3	;	---	"	---	10	--	"	--
693142.1	406.0	;	---	"	---	11	--	"	--
691475.6	174.9	;	---	"	---	12	--	"	--
687606.6	66.1	;	---	"	---	13	--	"	--
687340.1	501.2	;	---	"	---	14	--	"	--
685473.8	528.3	;	---	"	---	15	--	"	--
685140.8	.0	;	---	"	---	16	--	"	--

4					;Internal body number
2536.0					;density of body, 0=surrounding
.006000					;suscept. of body, 0=surrounding
.0000					;Remanent/induced magnetization
.0					;Inclination of remanence, positive down
.0					;Declination of remanence, pos. clockwise
1					;Surrounding body, = 21 if none
4365.9					;strike length
750589.8					;N-coordinate of body reference point
17.5					;strike angle from North anti-clockw.
10					;Number of corners in body
695837.3	.0				;E-coord & depth of corner 1
719491.8	.0				; --- " --- 2 (with strike=0.0)
712612.3	228.1				; --- " --- 3 -- " --
711232.1	338.0				; --- " --- 4 -- " --

2521.0 ;density of body, 0=surrounding
 .000400 ;suscept. of body, 0=surrounding
 .0000 ;Remanent/induced magnetization
 .0 ;Inclination of remanence, positive down
 .0 ;Declination of remanence, pos. clockwise
 21 ;Surrounding body, = 21 if none
 4721.7 ;strike length
 752860.9 ;N-coordinate of body reference point
 17.5 ;strike angle from North anti-clockw.
 12 ;Number of corners in body
 685900.9 .0 ;E-coord & depth of corner 1
 718064.9 .0 ; --- " --- 2 (with strike=0.0)
 717995.9 1785.3 ; --- " --- 3 -- " --
 716392.4 1814.8 ; --- " --- 4 -- " --
 712394.5 365.5 ; --- " --- 5 -- " --
 709814.3 439.0 ; --- " --- 6 -- " --
 704713.9 1577.2 ; --- " --- 7 -- " --
 700993.6 1638.4 ; --- " --- 8 -- " --
 697693.3 292.1 ; --- " --- 9 -- " --
 696313.3 267.6 ; --- " --- 10 -- " --
 690684.8 1285.1 ; --- " --- 11 -- " --
 686005.1 1028.8 ; --- " --- 12 -- " --

8 ;Internal body number
 2536.0 ;density of body, 0=surrounding
 .006000 ;suscept. of body, 0=surrounding
 .0000 ;Remanent/induced magnetization
 .0 ;Inclination of remanence, positive down
 .0 ;Declination of remanence, pos. clockwise

7 ;Surrounding body, = 21 if none
 4493.0 ;strike length
 755096.8 ;N-coordinate of body reference point
 17.5 ;strike angle from North anti-clockw.

 10 ;Number of corners in body
 692929.2 .0 ;E-coord & depth of corner 1
 707870.7 .0 ; --- " --- 2 (with strike=0.0)
 706106.0 71.8 ; --- " --- 3 -- " --
 705025.5 71.8 ; --- " --- 4 -- " --
 701305.5 157.5 ; --- " --- 5 -- " --
 699865.5 206.4 ; --- " --- 6 -- " --
 698448.5 316.6 ; --- " --- 7 -- " --
 697188.5 292.1 ; --- " --- 8 -- " --
 695988.5 255.4 ; --- " --- 9 -- " --
 694608.3 120.7 ; --- " --- 10 -- " --

9 ;Internal body number
 2521.0 ;density of body, 0=surrounding
 .000400 ;suscept. of body, 0=surrounding
 .0000 ;Remanent/induced magnetization
 .0 ;Inclination of remanence, positive down
 .0 ;Declination of remanence, pos. clockwise
 21 ;Surrounding body, = 21 if none
 5133.0 ;strike length
 741519.5 ;N-coordinate of body reference point
 17.5 ;strike angle from North anti-clockw.
 9 ;Number of corners in body
 700533.4 .0 ;E-coord & depth of corner 1

721699.4	.0	;	---	"	---	2 (with strike=0.0)
719088.4	2116.3	;	---	"	---	3 -- " --
713177.4	2661.5	;	---	"	---	4 -- " --
711618.4	228.8	;	---	"	---	5 -- " --
709255.9	369.7	;	---	"	---	6 -- " --
707357.3	859.1	;	---	"	---	7 -- " --
703104.4	1830.3	;	---	"	---	8 -- " --
701098.4	1508.3	;	---	"	---	9 -- " --

10						;Internal body number
2536.0						;density of body, 0=surrounding
.006000						;suscept. of body, 0=surrounding
.0000						;Remanent/induced magnetization
.0						;Inclination of remanence, positive down
.0						;Declination of remanence, pos. clockwise
2						;Surrounding body, = 21 if none
4154.9						;strike length
745935.0						;N-coordinate of body reference point
17.5						;strike angle from North anti-clockw.
11						;Number of corners in body
697600.2	.0					;E-coord & depth of corner 1
719063.0	.0	;	---	"	---	2 (with strike=0.0)
718130.0	66.1	;	---	"	---	3 -- " --
715528.7	25.4	;	---	"	---	4 -- " --
713662.5	38.9	;	---	"	---	5 -- " --
712065.0	174.9	;	---	"	---	6 -- " --
709865.5	270.1	;	---	"	---	7 -- " --
707466.5	365.2	;	---	"	---	8 -- " --
704733.5	528.3	;	---	"	---	9 -- " --

703398.7 596.3 ; --- " --- 10 -- " --
 699605.5 247.2 ; --- " --- 11 -- " --

11 ;Internal body number
 2536.0 ;density of body, 0=surrounding
 .006000 ;suscept. of body, 0=surrounding
 .0000 ;Remanent/induced magnetization
 .0 ;Inclination of remanence, positive down
 .0 ;Declination of remanence, pos. clockwise
 21 ;Surrounding body, = 21 if none
 4153.1 ;strike length
 744132.3 ;N-coordinate of body reference point
 17.5 ;strike angle from North anti-clockw.
 5 ;Number of corners in body
 691535.2 .0 ;E-coord & depth of corner 1
 696687.4 .0 ; --- " --- 2 (with strike=0.0)
 695467.4 52.5 ; --- " --- 3 -- " --
 694401.2 38.9 ; --- " --- 4 -- " --
 692468.2 52.5 ; --- " --- 5 -- " --

12 ;Internal body number
 2620.0 ;density of body, 0=surrounding
 .006000 ;suscept. of body, 0=surrounding
 .0000 ;Remanent/induced magnetization
 .0 ;Inclination of remanence, positive down
 .0 ;Declination of remanence, pos. clockwise
 21 ;Surrounding body, = 21 if none
 4474.2 ;strike length
 763909.3 ;N-coordinate of body reference point

17.5 ;strike angle from North anti-clockw.

4 ;Number of corners in body

704109.8 .0 ;E-coord & depth of corner 1

710918.8 .0 ; --- " --- 2 (with strike=0.0)

710873.8 399.6 ; --- " --- 3 -- " --

705252.3 185.2 ; --- " --- 4 -- " --

13 ;Internal body number

2536.0 ;density of body, 0=surrounding

.006000 ;suscept. of body, 0=surrounding

.0000 ;Remanent/induced magnetization

.0 ;Inclination of remanence, positive down

.0 ;Declination of remanence, pos. clockwise

7 ;Surrounding body, = 21 if none

4289.9 ;strike length

759239.4 ;N-coordinate of body reference point

17.5 ;strike angle from North anti-clockw.

6 ;Number of corners in body

706444.8 .0 ;E-coord & depth of corner 1

716105.7 .0 ; --- " --- 2 (with strike=0.0)

715325.3 59.5 ; --- " --- 3 -- " --

713488.8 133.0 ; --- " --- 4 -- " --

711448.7 255.4 ; --- " --- 5 -- " --

709828.8 194.2 ; --- " --- 6 -- " --

14 ;Internal body number

2100.0 ;density of body, 0=surrounding

.000001 ;suscept. of body, 0=surrounding

.0000 ;Remanent/induced magnetization
 .0 ;Inclination of remanence, positive down
 .0 ;Declination of remanence, pos. clockwise
 5 ;Surrounding body, = 21 if none
 4818.7 ;strike length
 758590.3 ;N-coordinate of body reference point
 17.5 ;strike angle from North anti-clockw.

10 ;Number of corners in body
 686902.0 .0 ;E-coord & depth of corner 1
 704742.5 .0 ; --- " --- 2 (with strike=0.0)
 702719.5 64.0 ; --- " --- 3 -- " --
 700480.0 119.9 ; --- " --- 4 -- " --
 696732.5 166.5 ; --- " --- 5 -- " --
 694584.5 129.2 ; --- " --- 6 -- " --
 692885.0 203.8 ; --- " --- 7 -- " --
 691613.7 278.4 ; --- " --- 8 -- " --
 688543.2 306.4 ; --- " --- 9 -- " --
 686860.7 259.8 ; --- " --- 10 -- " --

15 ;Internal body number
 2536.0 ;density of body, 0=surrounding
 .006000 ;suscept. of body, 0=surrounding
 .0000 ;Remanent/induced magnetization
 .0 ;Inclination of remanence, positive down
 .0 ;Declination of remanence, pos. clockwise
 9 ;Surrounding body, = 21 if none
 4997.9 ;strike length
 741576.6 ;N-coordinate of body reference point

17.5 ;strike angle from North anti-clockw.

10 ;Number of corners in body
 700672.8 .0 ;E-coord & depth of corner 1
 715351.9 .0 ; --- " --- 2 (with strike=0.0)
 713925.8 134.9 ; --- " --- 3 -- " --
 712794.8 197.8 ; --- " --- 4 -- " --
 711355.8 239.7 ; --- " --- 5 -- " --
 709281.4 362.3 ; --- " --- 6 -- " --
 707091.9 295.6 ; --- " --- 7 -- " --
 705783.7 303.0 ; --- " --- 8 -- " --
 702483.9 473.5 ; --- " --- 9 -- " --
 700921.8 690.5 ; --- " --- 10 -- " --

16 ;Internal body number
 2100.0 ;density of body, 0=surrounding
 .000001 ;suscept. of body, 0=surrounding
 .0000 ;Remanent/induced magnetization
 .0 ;Inclination of remanence, positive down
 .0 ;Declination of remanence, pos. clockwise
 7 ;Surrounding body, = 21 if none
 4728.3 ;strike length
 753097.4 ;N-coordinate of body reference point
 17.5 ;strike angle from North anti-clockw.

5 ;Number of corners in body
 686166.1 .0 ;E-coord & depth of corner 1
 693222.6 .0 ; --- " --- 2 (with strike=0.0)
 692714.1 41.0 ; --- " --- 3 -- " --

689678.6 112.8 ; --- " --- 4 -- " --

686255.8 120.7 ; --- " --- 5 -- " --

17 ;Internal body number

2100.0 ;density of body, 0=surrounding

.000001 ;suscept. of body, 0=surrounding

.0000 ;Remanent/induced magnetization

.0 ;Inclination of remanence, positive down

.0 ;Declination of remanence, pos. clockwise

21 ;Surrounding body, = 21 if none

4914.5 ;strike length

745491.9 ;N-coordinate of body reference point

17.5 ;strike angle from North anti-clockw.

4 ;Number of corners in body

713239.4 .0 ;E-coord & depth of corner 1

720749.1 .0 ; --- " --- 2 (with strike=0.0)

717511.1 51.0 ; --- " --- 3 -- " --

714370.1 51.0 ; --- " --- 4 -- " --

ภาคผนวก ง

สัมประสิทธิ์ g_n^m และ h_n^m ในหน่วย nT

(ที่มา : Parkinson, 1983)

n	m	g_n^m	h_n^m	n	m	g_n^m	h_n^m
1	0	-30001		6	1	57	-15
1	1	-1950	5634	6	2	47	98
				6	3	-194	75
2	0	-2038		6	4	6	-44
2	1	3035	-2136	6	5	17	2
2	2	1652	-179	6	6	-104	27
3	0	1293		7	0	65	
3	1	-2156	-38	7	1	-55	-71
3	2	1244	261	7	2	7	-24
3	3	851	-235	7	3	17	9
				7	4	-17	8
4	0	919		7	5	-1	12
4	1	777	189	7	6	16	-17
4	2	411	-265	7	7	9	-14
4	3	-428	69				
4	4	224	-289	8	0	13	
				8	1	8	12
5	0	-216		8	2	-4	-21
5	1	354	74	8	3	-5	11
5	2	261	147	8	4	-12	-20
5	3	-66	-149	8	5	0	10

n	m	g_n^m	h_n^m	n	m	g_n^m	h_n^m
5	4	-173	-71	8	6	-1	7
5	5	-52	101	8	7	10	-13
				8	8	3	-13
6	0	51					

ภาคผนวก จ

การเตรียมสารความเข้มข้นมาตรฐาน

(ที่มา : เทิดทูน ทองเจิม, 2537)

การเตรียมสารมาตรฐานเริ่มจาก การหาข้อมูลของปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติของหินและดิน เพื่อจะได้เตรียมสารตัวอย่างที่ครอบคลุมความเข้มข้นได้อย่างเหมาะสม ปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติของหินและดินมีปริมาณเฉลี่ยดังนี้

K	2.3 percent
U	3.0 ppm
Th	11.4 ppm

สารตัวอย่างที่ครอบคลุมความเข้มข้นได้อย่างเหมาะสมคือ

โปแตสเซียม(K)	2%, 4% และ 6% ตามลำดับ
ยูเรเนียม (U)	2, 4 และ 6 ppm ตามลำดับ
ทอเรียม (Th)	5, 10 และ 15 ppm ตามลำดับ

ตัวอย่าง แสดงการคำนวณหาปริมาณความแรงรังสีของ K-40, U และ Th

กำหนดให้ปริมาณน้ำหนักรวมมีค่าเท่ากับ 100 กรัม และให้ความเข้มข้นของ K เท่ากับ 2 % ความเข้มข้นของ U เท่ากับ 2 ppm และความเข้มข้น Th เท่ากับ 5 ppm

โดยค่า Natural Abundance ของ

K-40 = 0.01167 (K = 100%)	$T_{1/2} = 1.28 \times 10^9$ ปี
U ²³⁸ = 99.275 %	$T_{1/2} = 4.51 \times 10^9$ ปี
U ²³⁵ = 0.720 %	$T_{1/2} = 7.1 \times 10^8$ ปี
Th = 100 %	$T_{1/2} = 4.51 \times 10^9$ ปี

Gamma-Ray Spectrometry Measurement Material (S)

Matrix	Reference Analyte	Activity or Concentration	Confidence Interval	Standard code
Potassium Sulfate	K	448 mg/g	445-451	RG K-1
Th-Ore, Diluted with Silica	K	0.2 mg/g	0.1-0.3	RGTh-1
	Th	800 $\mu\text{g/g}$	784-816	
	U	6.3 $\mu\text{g/g}$	5.9-6.7	
U-Ore, Diluted with Silica	U	400 $\mu\text{g/g}$	398-402	RG U-1

จากตารางแสดงให้เห็นว่า

RGTh-1 1 g มี Th = 800 μg U = 6.3 μg K = 0.2 mg

RGU-1 1 g มี Th = 0 g U = 400 μg K = 0 g

RGK-1 1g มี Th = 0 g U = 0 g K = 448 mg

น้ำหนักมวลของ Th = 232.0381 g/mol

U = 238.0289 g/mol

K = 39.102 g/mol

วิธีคำนวณ

เริ่มเตรียมสารมาตรฐานที่มี Th เข้มข้น 5 ppm โดยหาน้ำหนักของ Th ในสารมาตรฐานทั้งหมด $100 \text{ g} = \frac{5}{10^6} \times 100 \text{ g}$

จะได้ น้ำหนักของ Th = $5 \times 10^{-4} \text{ g}$

ในสารมาตรฐานจะมีจำนวนอะตอมของ Th = $\frac{6.02252 \times 10^{23} \times 5 \times 10^{-4}}{232.0381}$ อะตอม
 $= 1.2977 \times 10^{18}$ อะตอม

หาค่า λ จากสมการ $T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$

$$= 4.87248 \times 10^{-18} \text{ วินาที}^{-1}$$

จากสมการความแรงรังสี $A = \lambda N$

โดยค่า N = จำนวนอะตอมของธาตุกัมมันตรังสี

λ = ค่าคงที่ของการสลายตัว

แทนค่าต่างๆในสมการความแรงรังสี

จะได้ $A = \lambda N$ Bq

$$= 1.2977 \times 10^{18} \times 4.87248 \times 10^{-18} \text{ Bq}$$

$$= 6.323 \text{ Bq/100 g}$$

เทียบความแรงรังสีในอัตราส่วนต่อ 1 กิโลกรัม จะได้ความแรงรังสีของสาร

มาตรฐาน Th ความเข้มข้น 5 ppm ในสารทั้งหมด 100 g มีค่า = 63.23 Bq/Kg

สำหรับ U และ K-40 ก็ใช้วิธีคำนวณเดียวกัน ได้ค่าความแรงรังสีดังตารางต่อไปนี้

ตารางแสดงค่าความแรงรังสีที่คำนวณได้ของสารกัมมันตรังสีความเข้มข้นต่างๆ

ชนิดของสาร และความเข้มข้น	มวลของธาตุ กัมมันตรังสี (ใน 100g)	จำนวนอะตอม ของธาตุ กัมมันตรังสี	ค่าคงที่ของการ สลายตัว	ค่าความแรง รังสี (Bq/Kg)
Th 5 ppm	5×10^{-4}	8.82466×10^{17}	4.87248×10^{-18}	63.2302
Th 10 ppm	1×10^{-3}	1.764932×10^{18}	4.87248×10^{-18}	126.4646
Th 15 ppm	1.5×10^{-3}	2.647398×10^{18}	4.87248×10^{-18}	189.6969
U 2 ppm	2×10^{-4}	5.190975×10^{17}	1.58093×10^{-18}	8.20657
U 4 ppm	4×10^{-4}	1.038195×10^{18}	1.58093×10^{-18}	16.41314
U 6 ppm	6×10^{-4}	1.55729×10^{18}	1.58093×10^{-18}	24.61971
K 2 percent	2.334×10^{-4}	3.594845×10^{18}	1.71679×10^{-17}	617.15940
K 4 percent	4.668×10^{-4}	7.189690×10^{18}	1.71679×10^{-17}	1234.31879
K 6 percent	7.002×10^{-4}	1.078453×10^{19}	1.71679×10^{-17}	1851.47733

ตัวอย่าง แสดงการคำนวณหาปริมาณของ RGK-1, RGU-1, RGTh-1 และ Silica Sand ที่จะต้องนำมาใช้ลดความเข้มข้นให้ได้ตามต้องการ

กำหนดให้ปริมาณน้ำหนักรวมมีค่าเท่ากับ 100 กรัม และให้ความเข้มข้นของ K เท่ากับ 2 % ความเข้มข้นของ U เท่ากับ 2 ppm และความเข้มข้นของ Th เท่ากับ 5 ppm

โดยค่า Natural Abundance ของ

K-40 = 0.01167 (K = 100%)	$T_{1/2} = 1.28 \times 10^9$ ปี
U ²³⁸ = 99.275 %	$T_{1/2} = 4.51 \times 10^9$ ปี
U ²³⁵ = 0.720 %	$T_{1/2} = 7.1 \times 10^8$ ปี
Th = 100 %	$T_{1/2} = 4.51 \times 10^9$ ปี

วิธีคำนวณ

เริ่มเตรียมสารมาตรฐานที่มี Th เข้มข้น 5 ppm โดยหาน้ำหนักของ Th ในสารมาตรฐานทั้งหมด $100 \text{ g} = \frac{5}{10^6} \times 100 \text{ g}$

จะได้น้ำหนักของ Th = $5 \times 10^{-4} \text{ g}$

จากตารางค่า Gamma-Ray Spectrometry Measurement Material พบว่า

Th 800 mg ได้มาจาก RGTh-1 1 g

$$\begin{aligned} \text{Th } 5 \times 10^{-4} \text{ g ได้มาจาก RGTh-1} &= \frac{1 \times 5 \times 10^{-4}}{800 \times 10^{-6}} \text{ g} \\ &= 0.625 \text{ g} \end{aligned}$$

แต่เนื่องจากใน RGTh-1 มี U และ K ผสมอยู่ด้วย

$$\begin{aligned} \text{จาก RGTh-1 0.625 g มี} \quad U &= 0.625 \times 6.3 \times 10^{-6} \text{ g} \\ &= 3.9375 \times 10^{-6} \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{และมี} \quad K &= 0.625 \times 0.2 \times 10^{-3} \text{ g} \\ &= 1.25 \times 10^{-4} \text{ g} \end{aligned}$$

วิธีคำนวณหาน้ำหนักของ RGU-1

เริ่มเตรียมสารมาตรฐานที่ U เข้มข้น 2ppm โดยหาน้ำหนักของ U ในสารมาตรฐานทั้งหมด $100 \text{ g} = \frac{2}{10^6} \times 100 \text{ g}$

$$\text{จะได้ น้ำหนักของ U} = 2 \times 10^{-4} \text{ g}$$

$$\begin{aligned}
 \text{แต่เนื่องจากใน RGTh-1 มี U} &= 3.9375 \times 10^{-6} \text{ g} \\
 \text{ต้องการ U อีก} &= 2 \times 10^{-4} - 3.9375 \times 10^{-6} \text{ g} \\
 &= 1.960625 \times 10^{-4} \text{ g}
 \end{aligned}$$

แต่เนื่องจากใน RGU-1 มี U 400 mg

$$\begin{aligned}
 \text{นั่นคือ U } 400 \times 10^{-6} \text{ g ได้มาจาก RGU-1} &= 1 \text{ g} \\
 \text{U } 1.960625 \times 10^{-4} \text{ g ได้มาจาก RGU-1} &= \frac{1 \times 1.960625 \times 10^{-4}}{400 \times 10^{-6}} \text{ g} \\
 &= 0.49015625 \text{ g}
 \end{aligned}$$

วิธีคำนวณหาน้ำหนักของ RGK-1

เริ่มเตรียมสารมาตรฐานที่มี K เข้มข้น 2 percent โดยน้ำหนักของ K ในสาร

$$\begin{aligned}
 \text{มาตรฐานทั้งหมด } 100 \text{ g} &= \frac{2}{10^2} \times 100 \text{ g} \\
 \text{จะได้น้ำหนักของ K} &= 2 \text{ g} \\
 \text{แต่เนื่องจากใน RGTh-1 มี K} &= 1.25 \times 10^{-4} \text{ g} \\
 \text{ต้องการ K อีก} &= 2 - 1.25 \times 10^{-4} \text{ g} \\
 &= 1.999875 \text{ g}
 \end{aligned}$$

เนื่องจากใน RGK-1 มี K 488 mg

$$\begin{aligned}
 \text{นั่นคือ K } 488 \text{ mg ได้มาจาก RGK-1} &= 1 \text{ g} \\
 \text{K } 1.999875 \text{ g ได้มาจาก RGK-1} &= \frac{1 \times 1.999875}{488 \times 10^{-3}} \text{ g} \\
 &= 4.464007 \text{ g}
 \end{aligned}$$

สรุปปริมาณสารต่างๆ

$$\text{RGTh-1} = 0.625 \text{ g}$$

$$\text{RGU-1} = 0.49015625 \text{ g}$$

$$\text{RGK-1} = 4.464007 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ต้องใส่ Silica Sand} &= 100 - (0.625 + 0.490156 - 4.464007) \\
 &= 94.420837 \text{ g}
 \end{aligned}$$

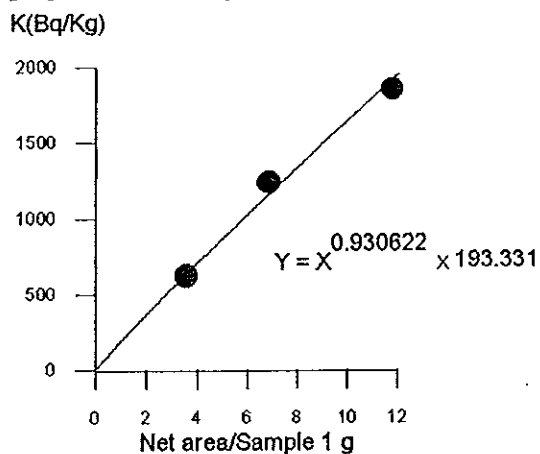
สำหรับค่าความเข้มข้นอื่นๆก็ใช้วิธีเดียวกัน ได้ค่าดังตารางต่อไปนี้

น้ำหนักรวม (g)	สาร	ความเข้มข้น	มวล(g)
100	Thorium(Th)	5 ppm	0.625
	Uranium(U)	2 ppm	0.49015625
	Potassium(K)	2 percent	4.464007
	Silica Sand	-	94.420837
100	Thorium(Th)	10 ppm	1.25
	Uranium(U)	4 ppm	0.9803125
	Potassium(K)	4 percent	8.928133
	Silica Sand	-	88.841674
100	Thorium(Th)	15 ppm	1.875
	Uranium(U)	6 ppm	1.4704687
	Potassium(K)	6 percent	13.392020
	Silica Sand	-	83.262511

ตารางแสดงพื้นที่สเปกตรัมรังสีแกมมาต่อน้ำหนัก 1 กรัม และความแรงรังสี
ของโพแทสเซียม(Bq/Kg) ในสารมาตรฐาน

Sample	Weight	Net area /Sample 1 g	Bq/Kg
Std1	100	3.59 ± 0.19	617.15940
Std2	100	6.85 ± 0.26	1234.31879
Std3	100	11.76 ± 0.34	1851.47733

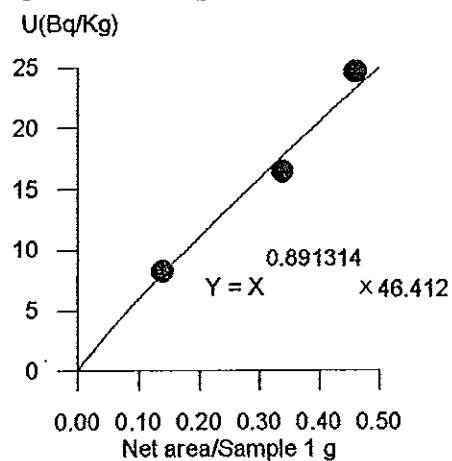
กราฟแสดงพื้นที่สเปกตรัมรังสีแกมมาต่อน้ำหนัก 1 กรัม และความแรงรังสี
ของโพแทสเซียม(Bq/Kg) ในสารมาตรฐาน



ตารางแสดงพื้นที่สเปกตรัมรังสีแกมมาต่อน้ำหนัก 1 กรัม และความแรงรังสี
ของยูเรเนียมสมมูล(Bq/Kg) ในสารมาตรฐาน

Sample	Weight	Net area /Sample 1 g	Bq/Kg
Std1	100	0.14 ± 0.04	8.20657
Std2	100	0.34 ± 0.06	16.41314
Std3	100	0.46 ± 0.68	24.61971

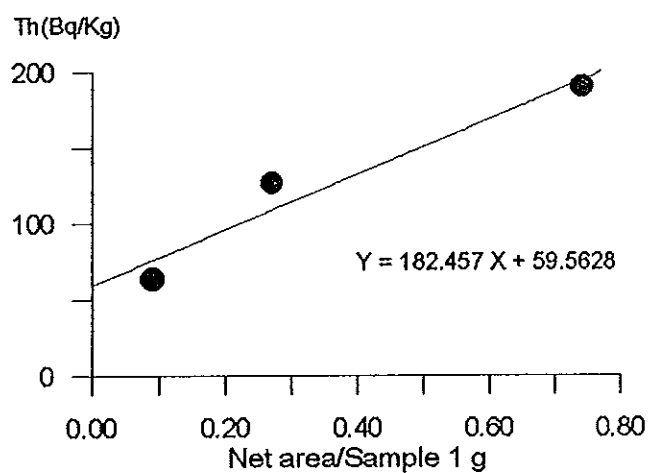
กราฟแสดงพื้นที่สเปกตรัมรังสีแกมมาต่อน้ำหนัก 1 กรัม และความแรงรังสี
ของยูเรเนียมสมมูล(Bq/Kg) ในสารมาตรฐาน



ตารางแสดงพื้นที่สเปกตรัมรังสีแกมมาต่อน้ำหนัก 1 กรัม และความแรงรังสี
ของทอเรียสมมูล (Bq/Kg) ในสารมาตรฐาน

Sample	Weight	Net area /Sample 1 g	Bq/Kg
Std1	100	0.18 ± 0.04	63.2302
Std2	100	0.36 ± 0.06	126.4646
Std3	100	0.90 ± 0.09	189.6969

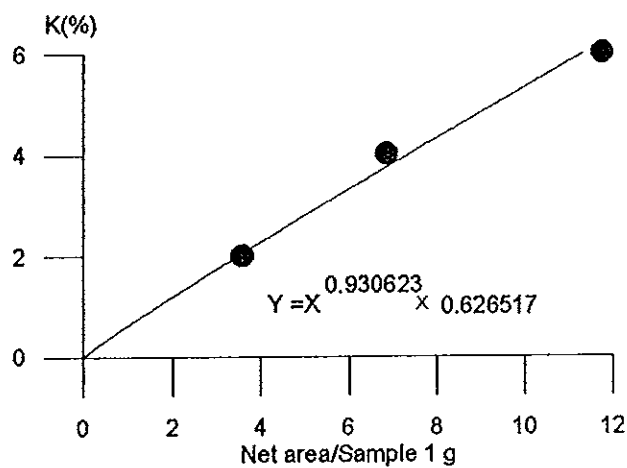
กราฟแสดงพื้นที่สเปกตรัมรังสีแกมมาต่อน้ำหนัก 1 กรัม และความแรงรังสี
ของทอเรียสมมูล (Bq/Kg) ในสารมาตรฐาน



ตารางแสดงพื้นที่สเปกตรัมรังสีแกมมาต่อน้ำหนัก 1 กรัม และปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม(%) ในสารมาตรฐาน

Sample	Weight	Net area /Sample 1 g	%
Std1	100	3.59 ± 0.19	2
Std2	100	6.85 ± 0.26	4
Std3	100	11.76 ± 0.34	6

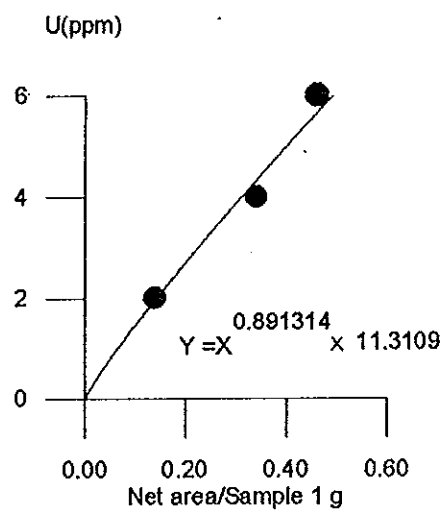
กราฟแสดงพื้นที่สเปกตรัมรังสีแกมมาต่อน้ำหนัก 1 กรัม และปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม(%) ในสารมาตรฐาน



ตารางแสดงพื้นที่สเปกตรัมรังสีแกมมาต่อน้ำหนัก 1 กรัม และปริมาณความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูล(ppm) ในสารมาตรฐาน

Sample	Weight	Net area /Sample 1 g	ppm
Std1	100	0.14 ± 0.04	2
Std2	100	0.34 ± 0.06	4
Std3	100	0.46 ± 0.68	6

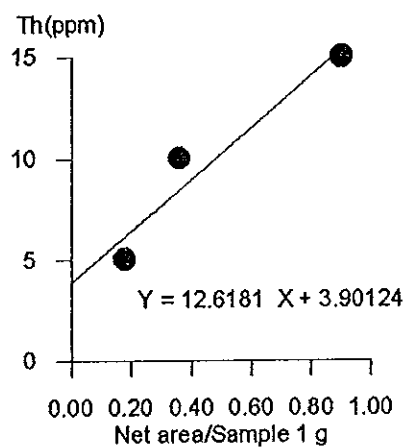
กราฟแสดงพื้นที่สเปกตรัมรังสีแกมมาต่อน้ำหนัก 1 กรัม และปริมาณความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูล(ppm) ในสารมาตรฐาน



ตารางแสดงพื้นที่สเปกตรัมรังสีแกมมาต่อน้ำหนัก 1 กรัม และปริมาณความเข้มข้นของทอริยมสมมูล (ppm) ในสารมาตรฐาน

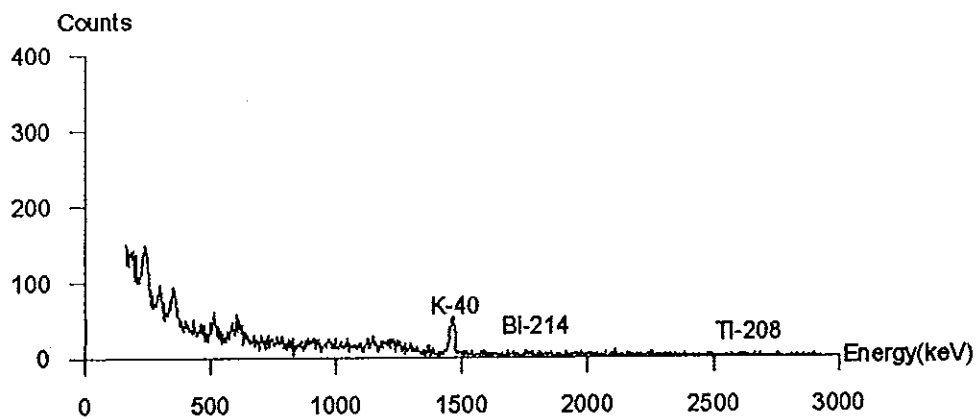
Sample	Weight	Net area /Sample 1 g	ppm
Std1	100	0.18±0.04	5
Std2	100	0.36±0.06	10
Std3	100	0.90±0.09	15

กราฟแสดงพื้นที่สเปกตรัมรังสีแกมมาต่อน้ำหนัก 1 กรัม และปริมาณความเข้มข้นของทอเรียมสมมูล (ppm) ในสารมาตรฐาน

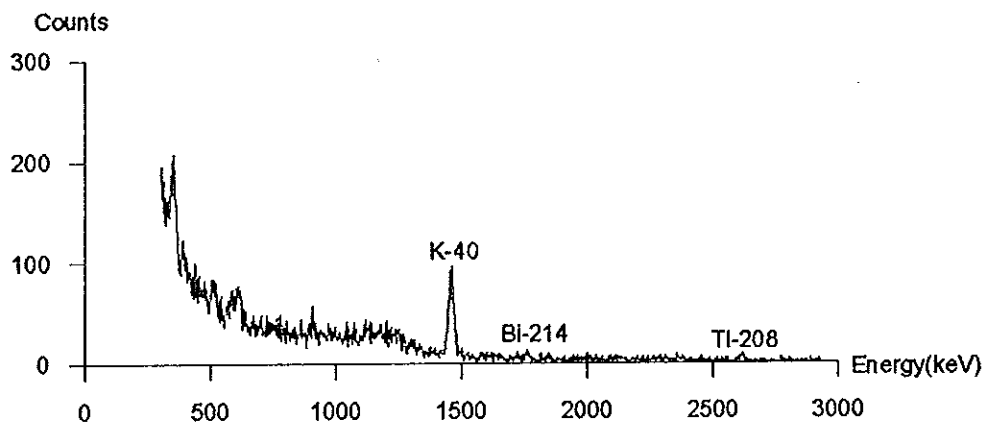


ภาคผนวก จ

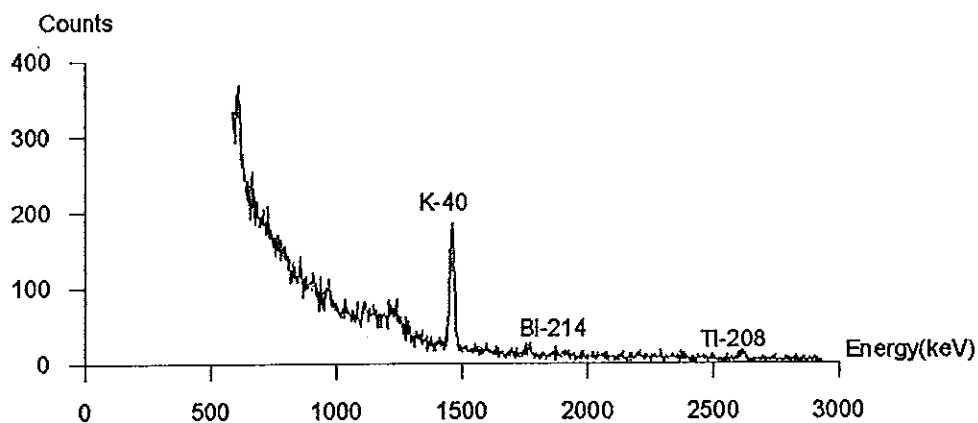
สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารมาตรฐานและของหินตัวอย่าง



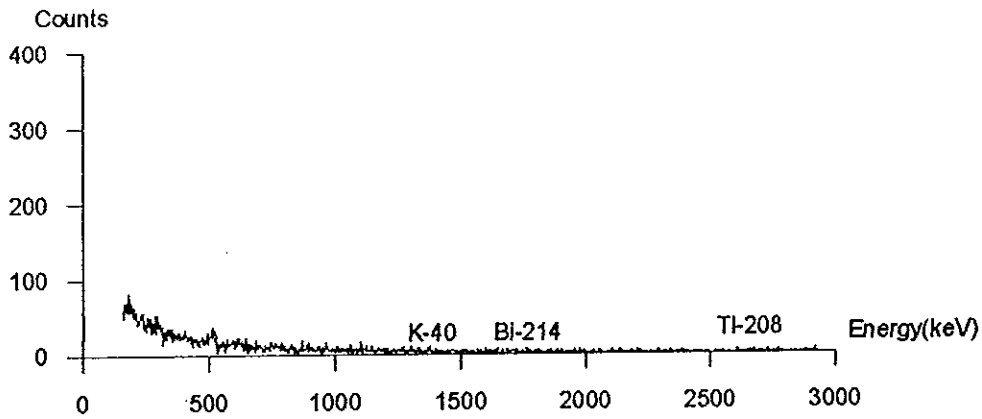
ภาพประกอบ 1 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารมาตรฐานตัวที่ 1



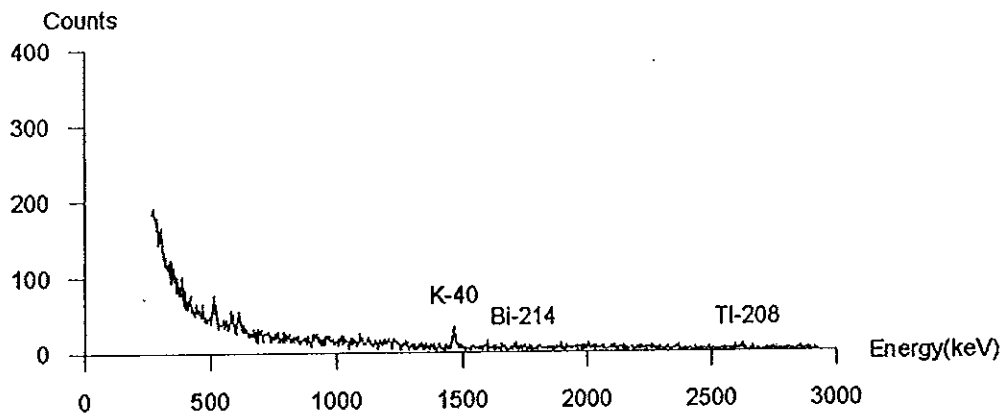
ภาพประกอบ 2 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารมาตรฐานตัวที่ 2



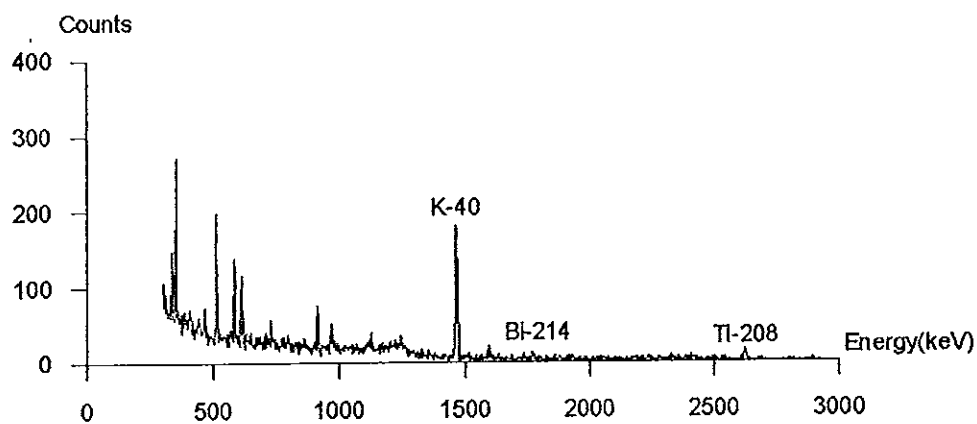
ภาพประกอบ 3 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารมาตรฐานตัวที่ 3



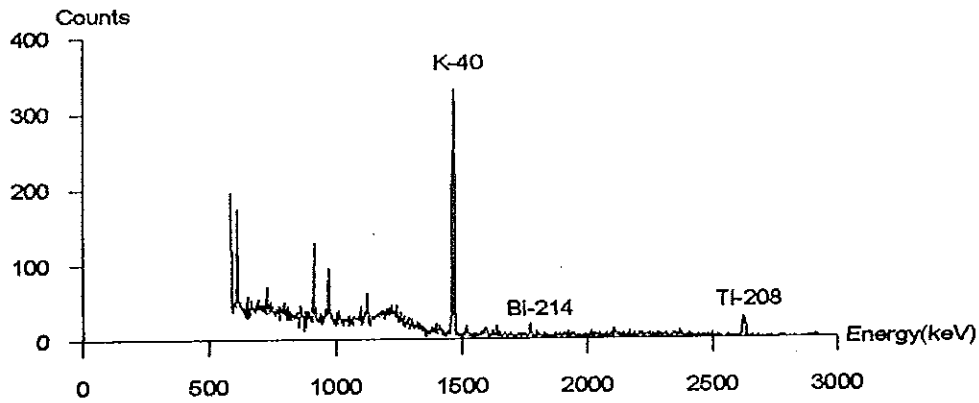
ภาพประกอบ 4 สเปกตรัมรังสีแกมมาของรังสีพื้นหลัง



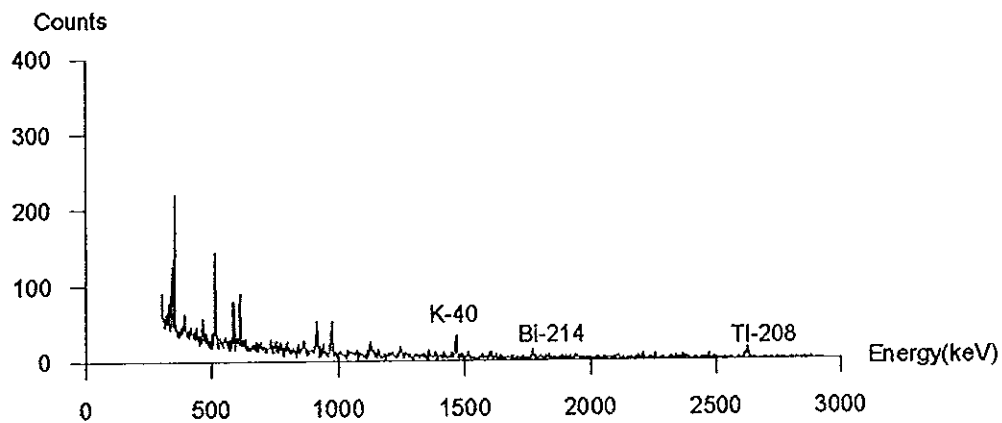
ภาพประกอบ 5 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A9)



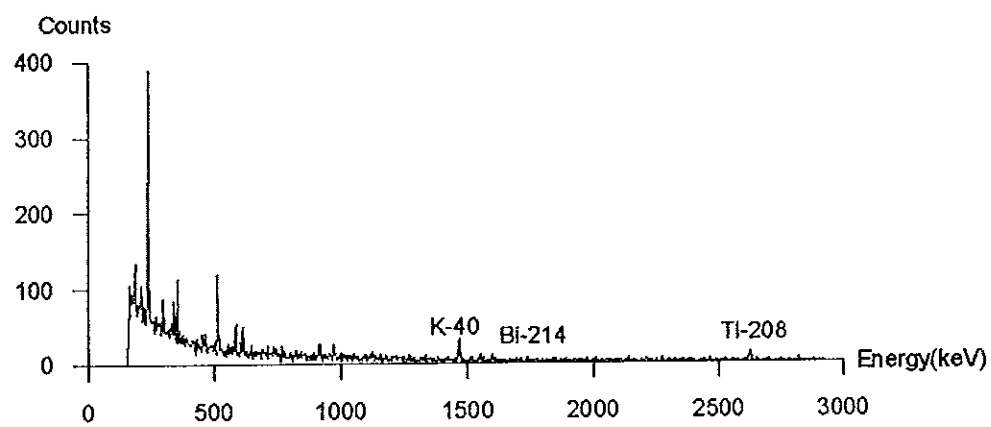
ภาพประกอบ 6 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A10)



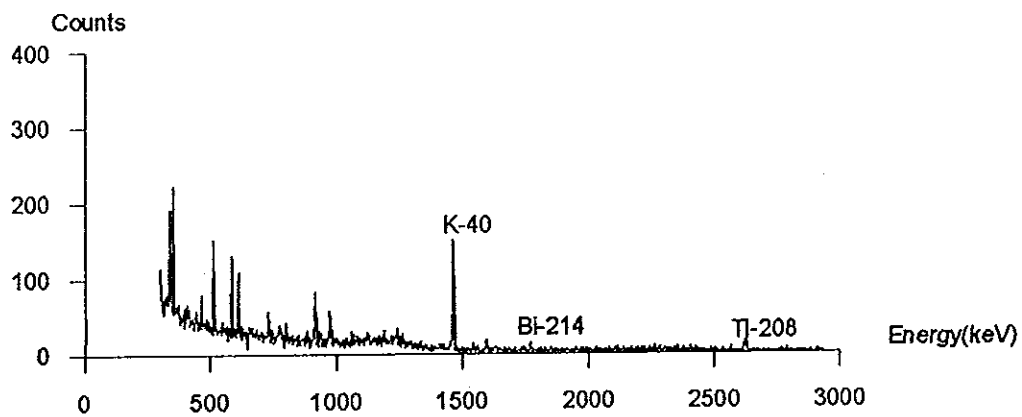
ภาพประกอบ 7 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A11)



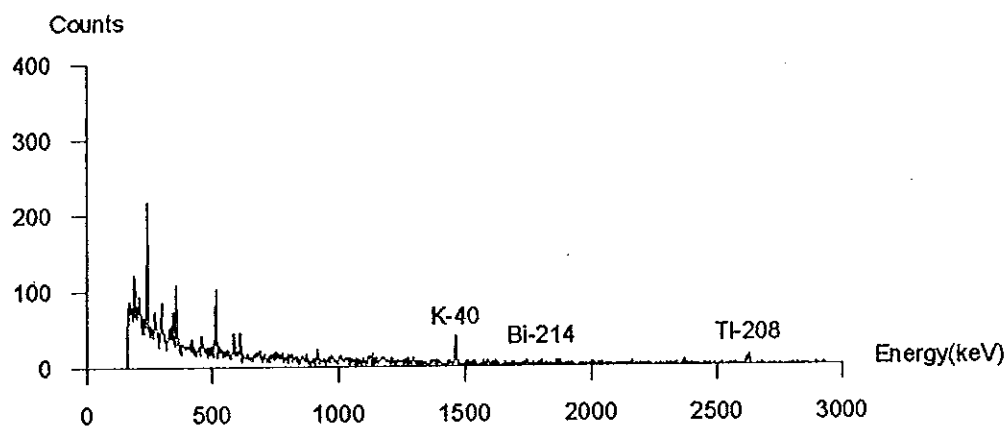
ภาพประกอบ 8 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A12)



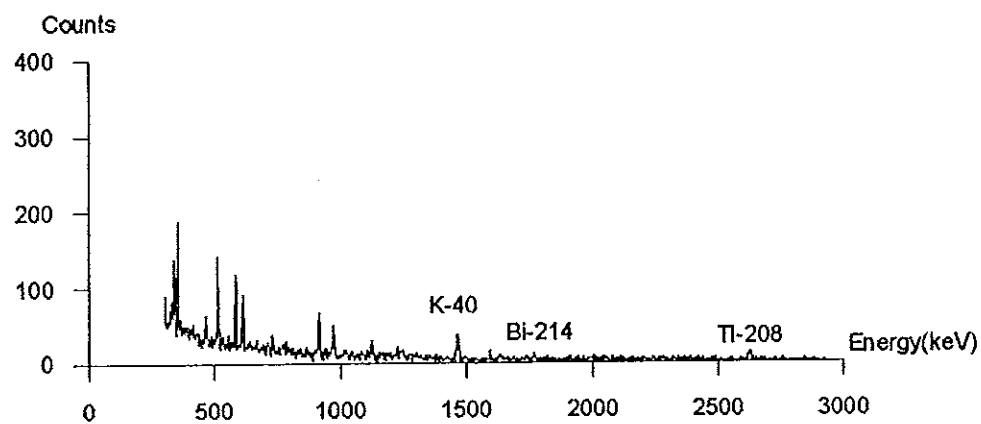
ภาพประกอบ 9 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A13)



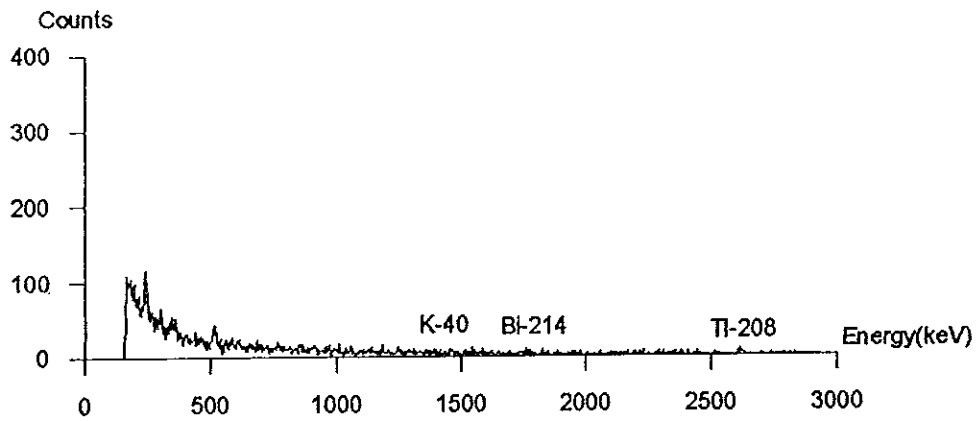
ภาพประกอบ 10 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A14)



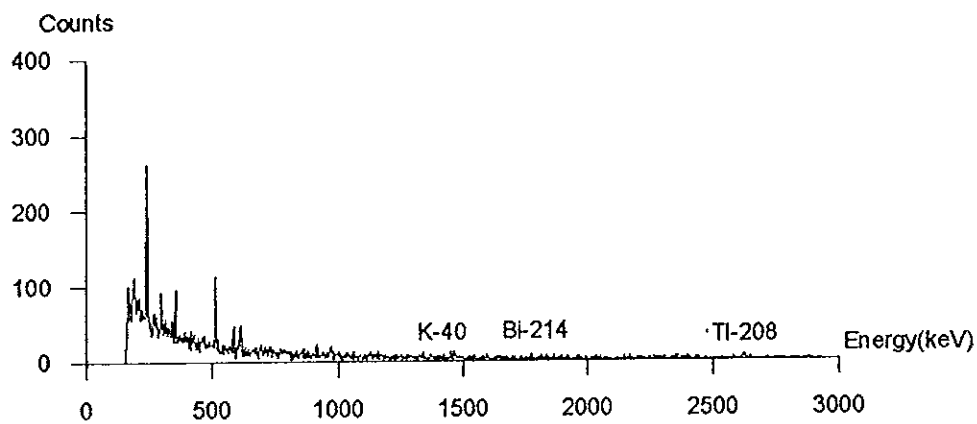
ภาพประกอบ 11 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A15)



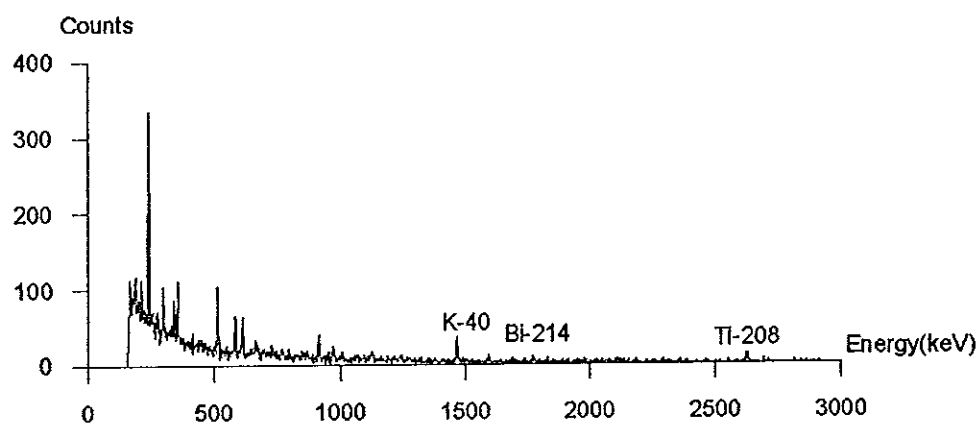
ภาพประกอบ 12 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A16)



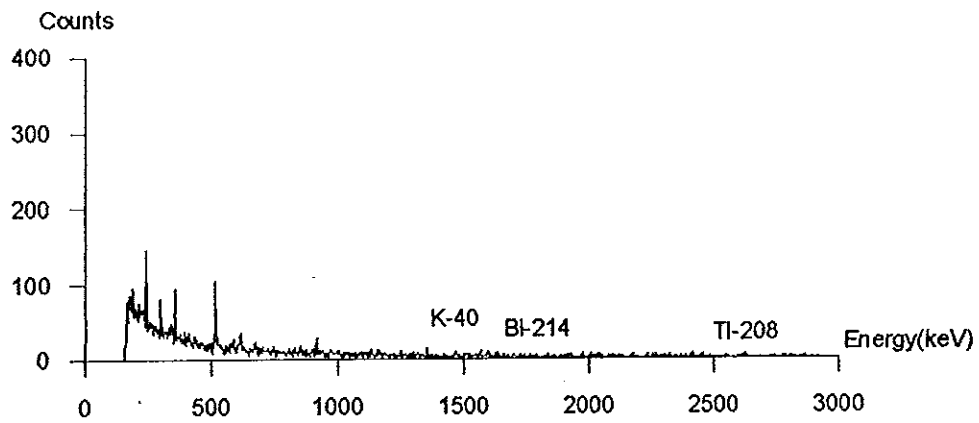
ภาพประกอบ 13 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A19)



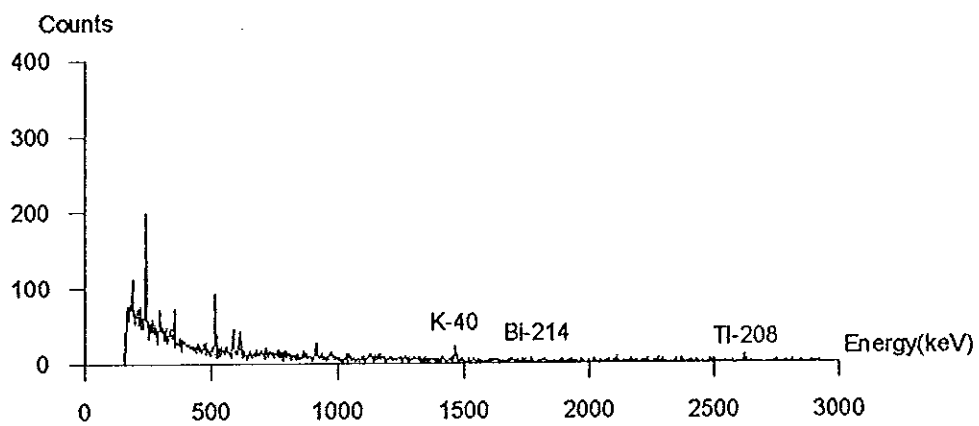
ภาพประกอบ 14 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A20)



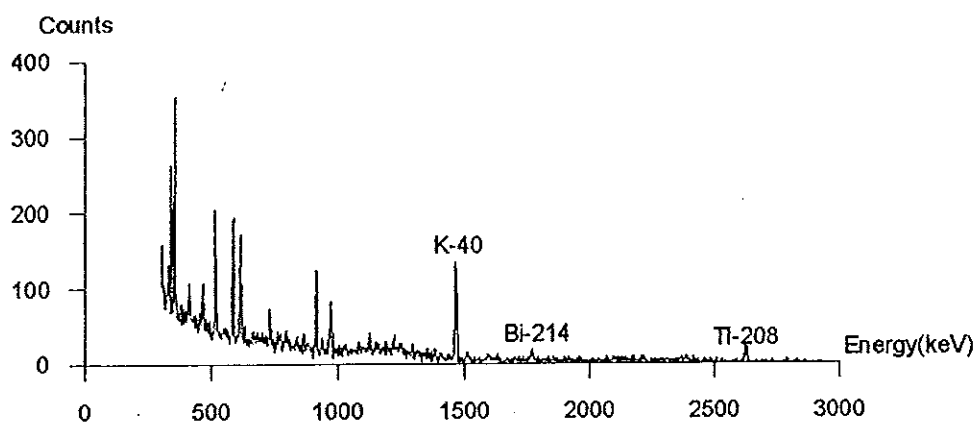
ภาพประกอบ 15 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A21)



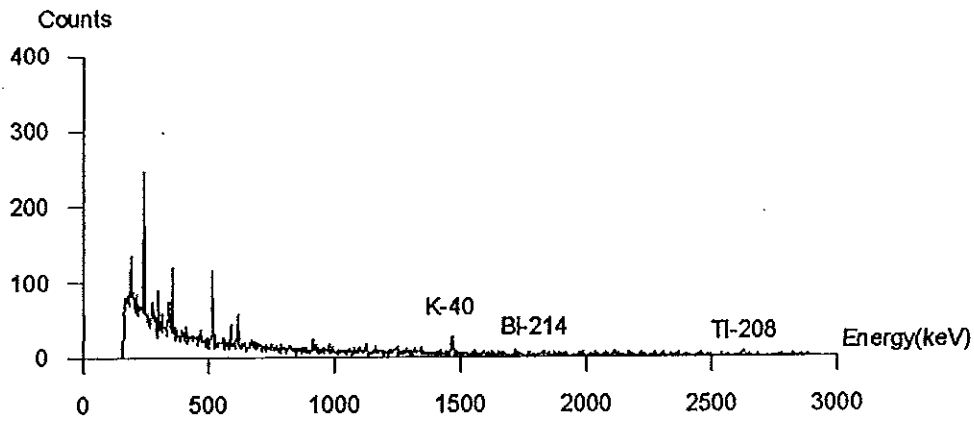
ภาพประกอบ 16 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A22)



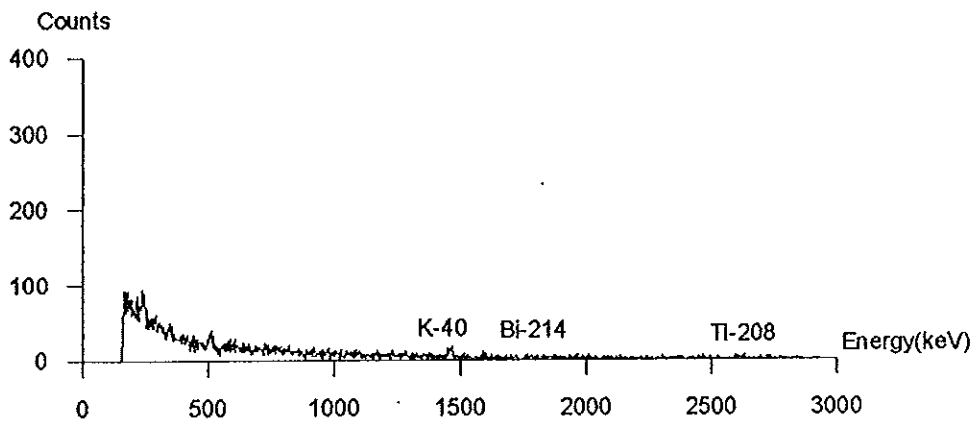
ภาพประกอบ 17 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A23)



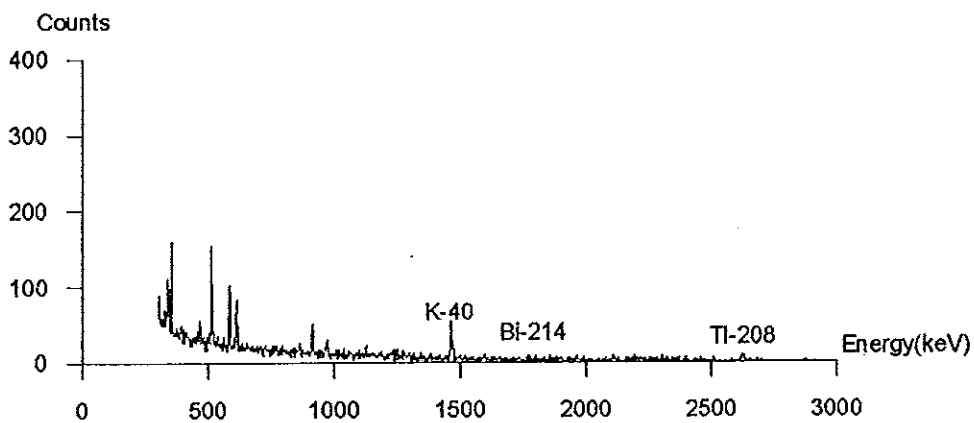
ภาพประกอบ 18 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A24)



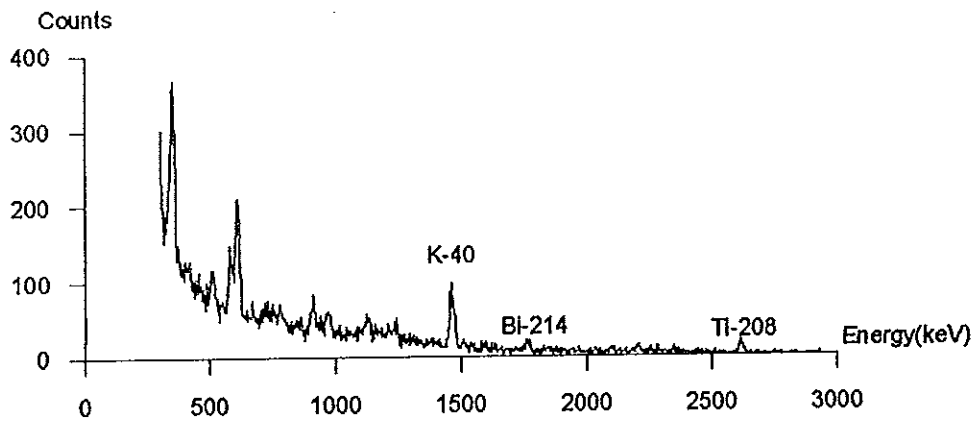
ภาพประกอบ 19 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A25)



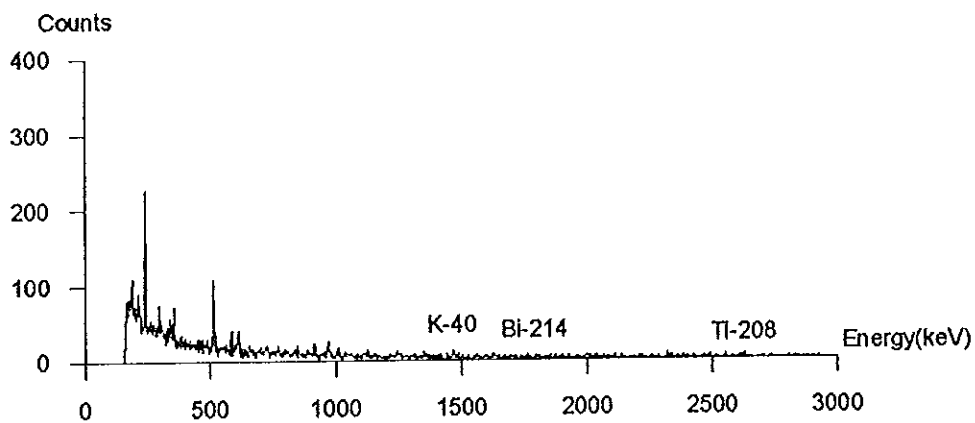
ภาพประกอบ 20 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A26)



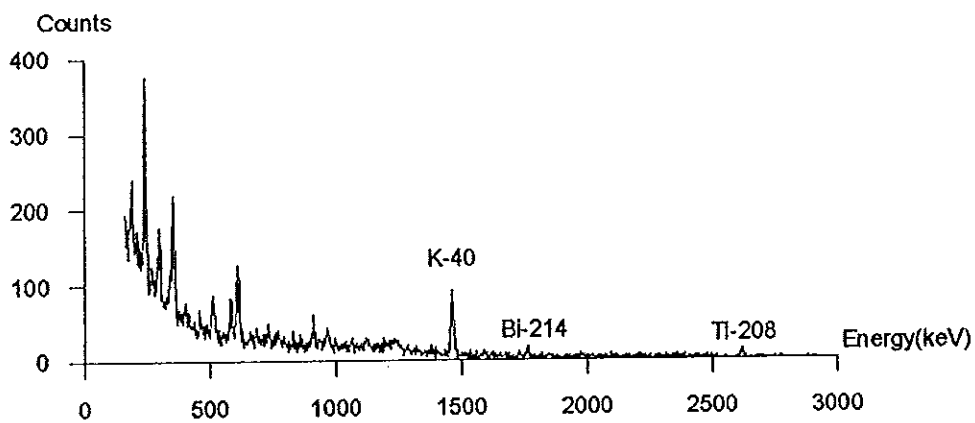
ภาพประกอบ 21 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A27)



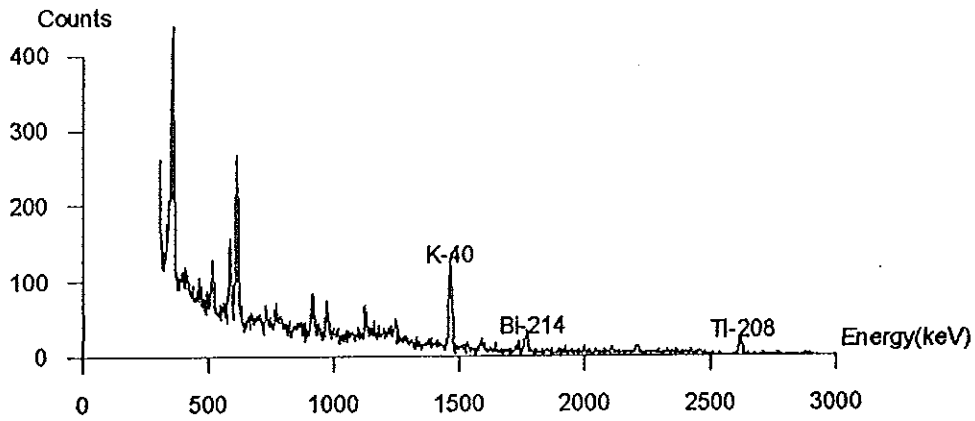
ภาพประกอบ 22 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A28)



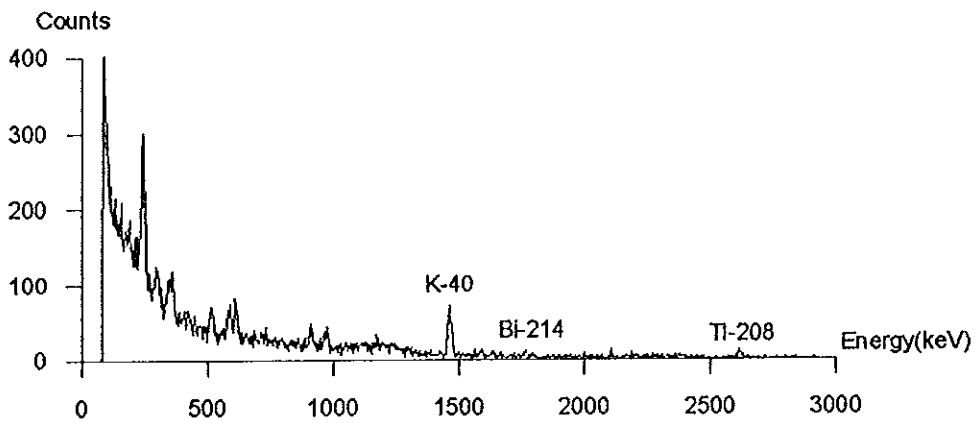
ภาพประกอบ 23 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A29)



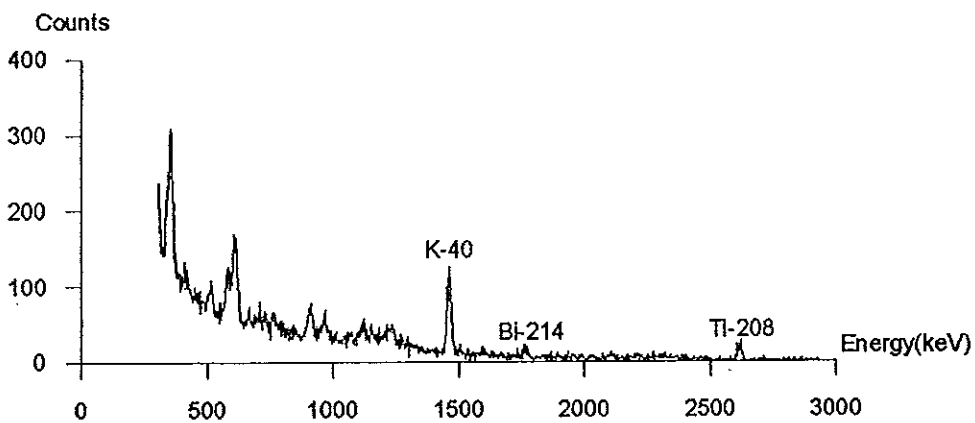
ภาพประกอบ 24 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A30)



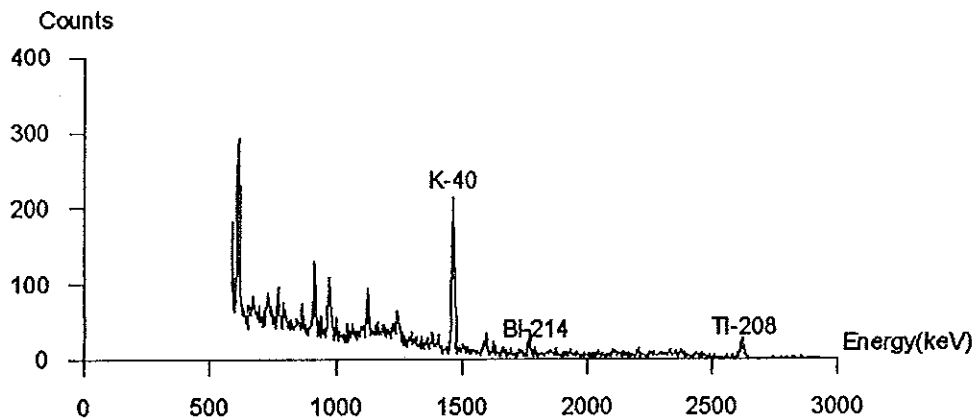
ภาพประกอบ 25 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A31)



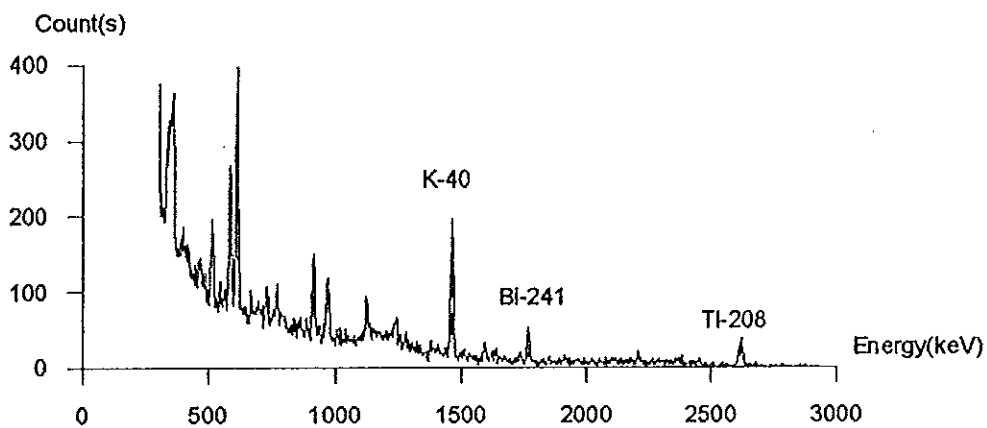
ภาพประกอบ 26 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A32)



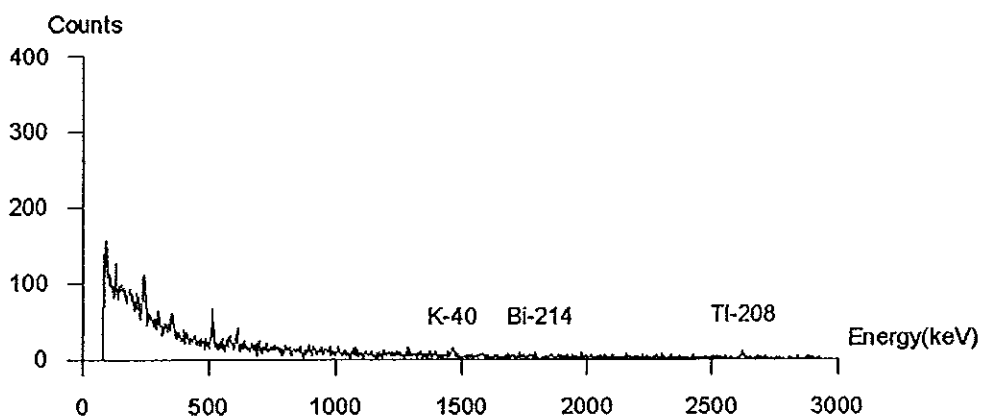
ภาพประกอบ 27 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A33)



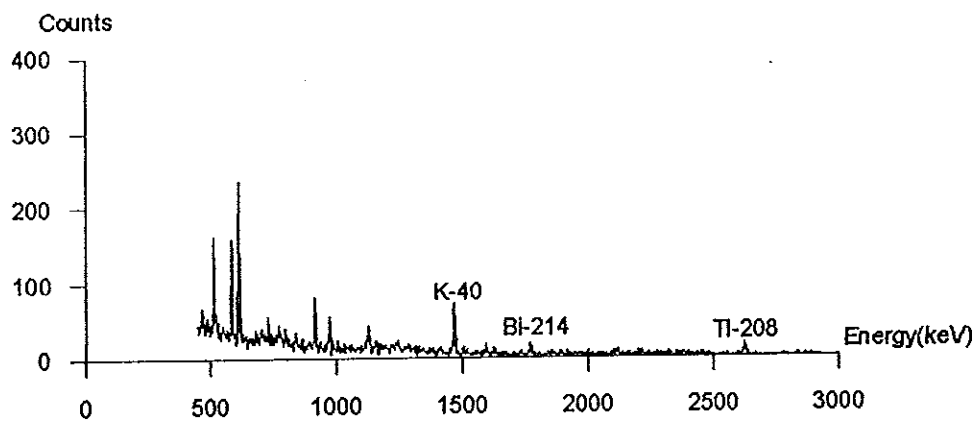
ภาพประกอบ 28 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A34)



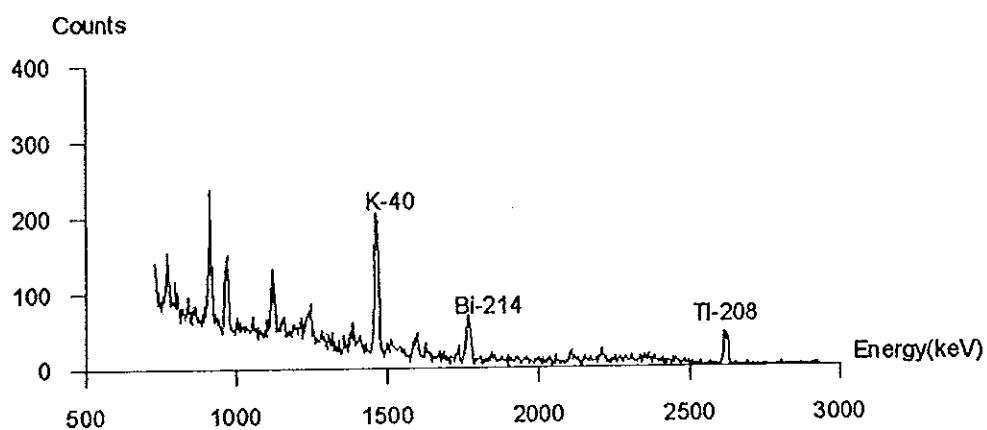
ภาพประกอบ 29 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A35)



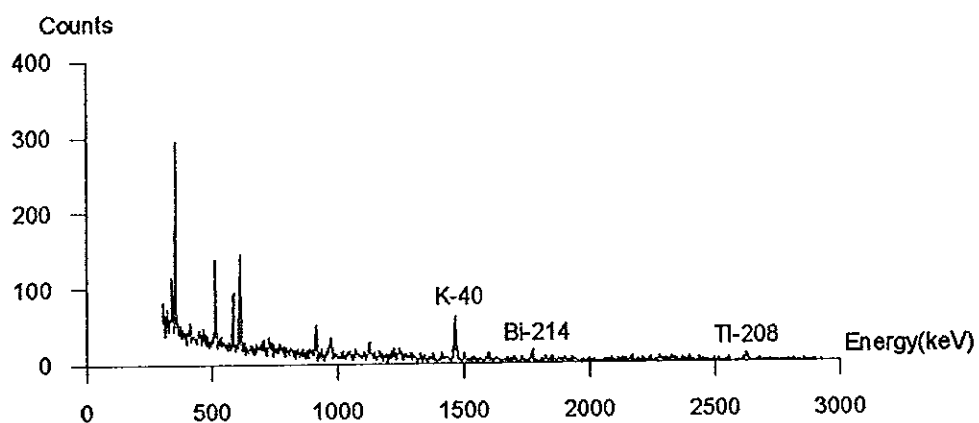
ภาพประกอบ 30 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(A36)



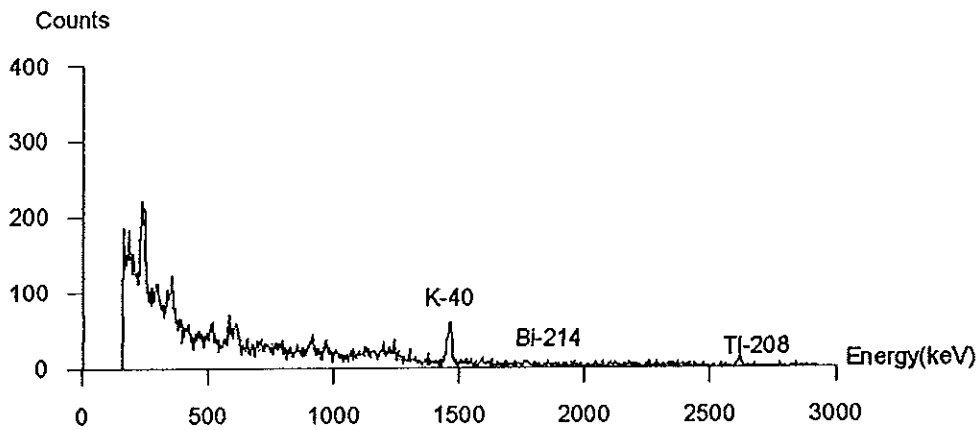
ภาพประกอบ 31 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p2)



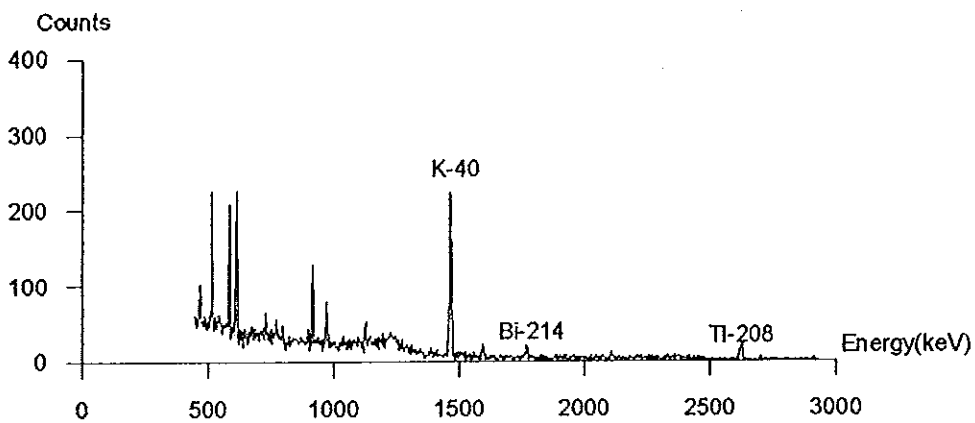
ภาพประกอบ 32 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p7)



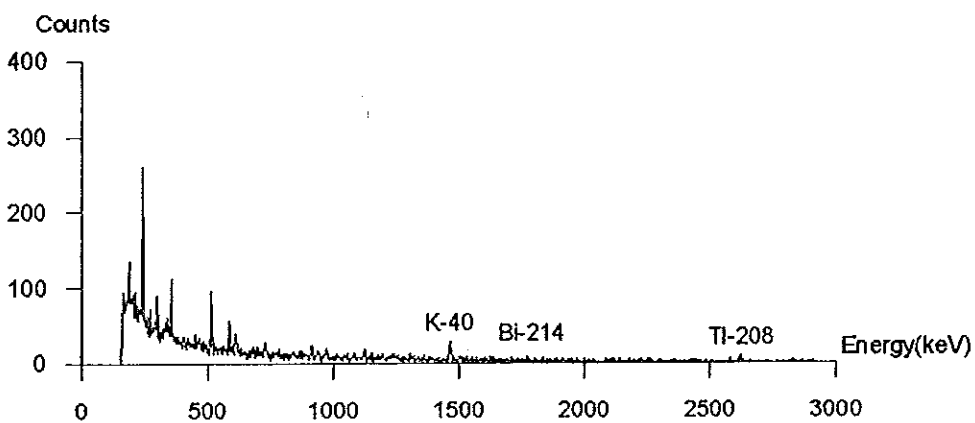
ภาพประกอบ 33 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p12)



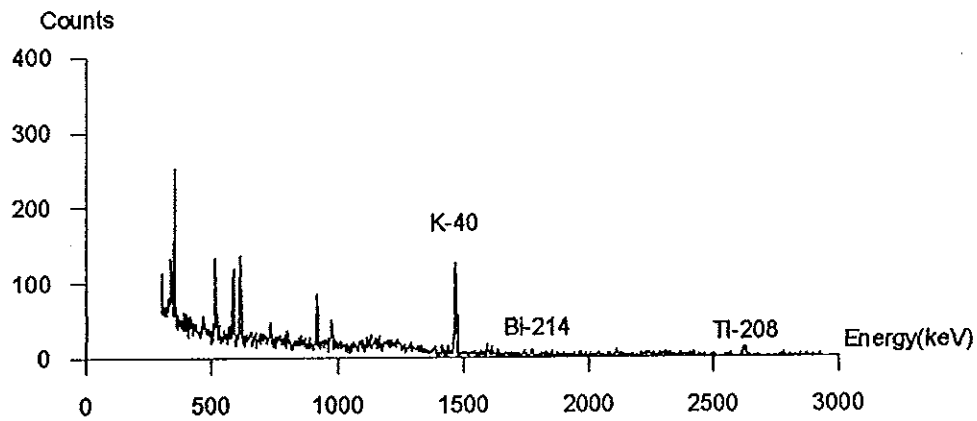
ภาพประกอบ 34 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p17)



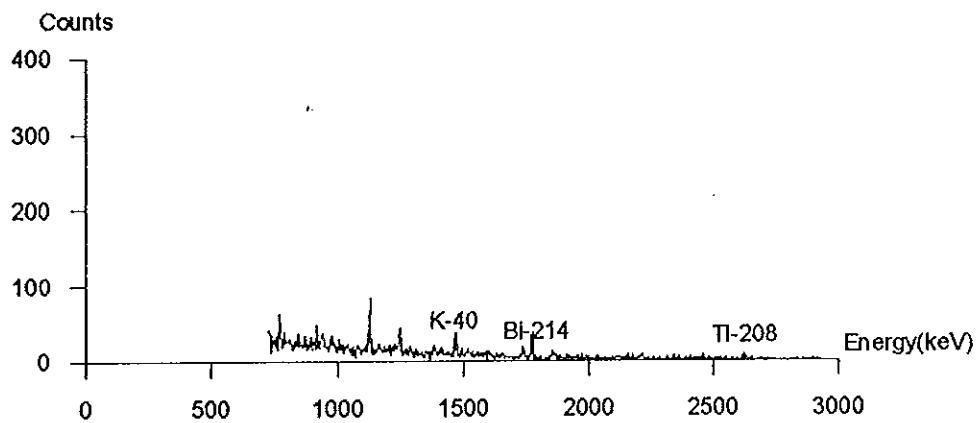
ภาพประกอบ 35 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p39)



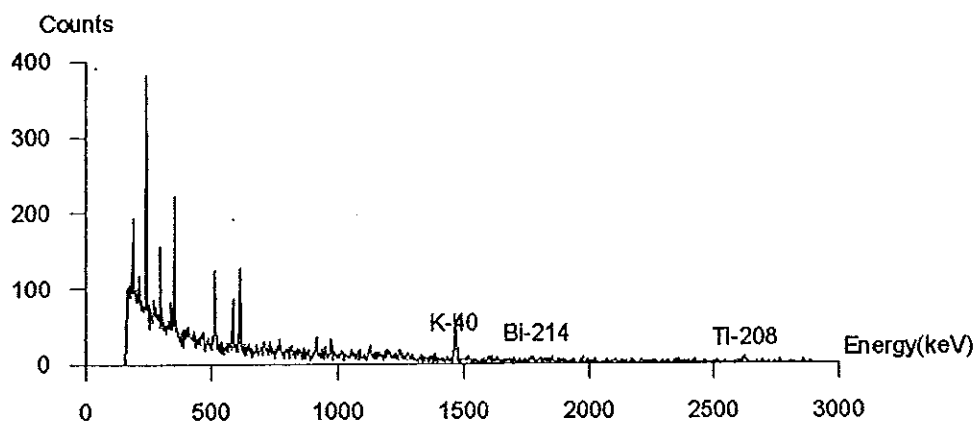
ภาพประกอบ 36 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p123)



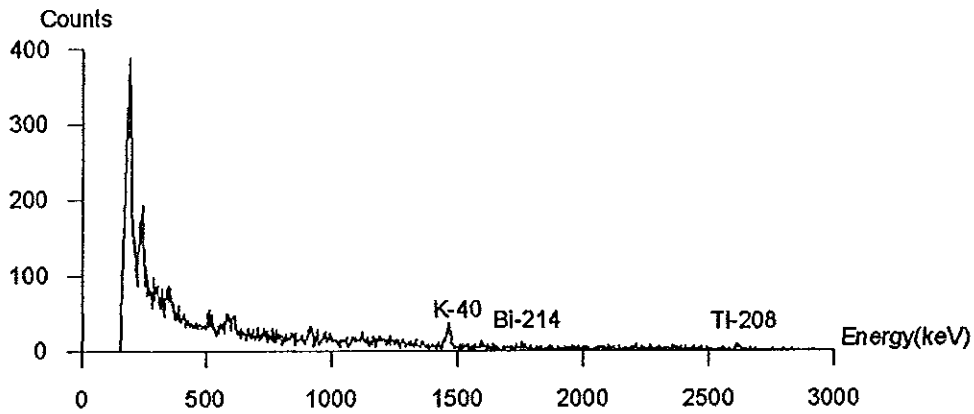
ภาพประกอบ 37 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p242)



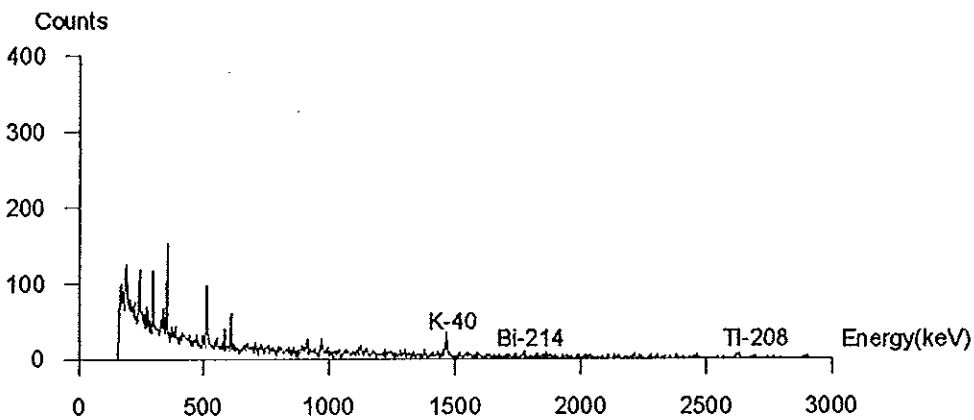
ภาพประกอบ 38 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p243)



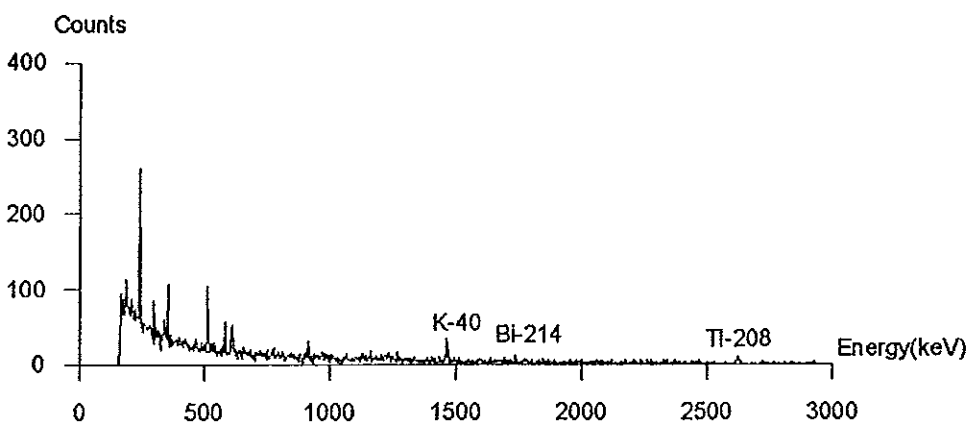
ภาพประกอบ 39 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p287)



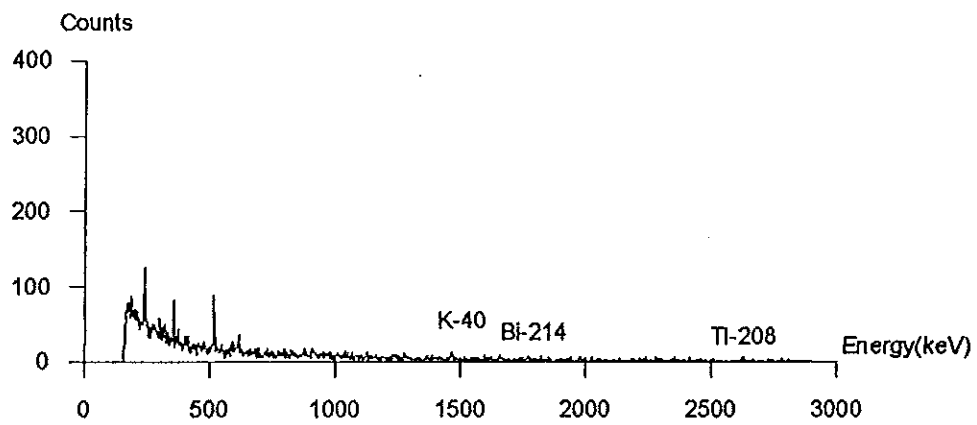
ภาพประกอบ 40 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p305)



ภาพประกอบ 41 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p308)



ภาพประกอบ 42 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p311)



ภาพประกอบ 43 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารตัวอย่าง(p326)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวพวงทิพย์ ร่วงเล็ก

วัน เดือน ปีเกิด 30 ตุลาคม พ.ศ. 2512

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต(ศึกษาศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2534
เกียรตินิยมอันดับ 2		

ทุนการศึกษา

ทุนมูลนิธิ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตั้งแต่ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2536 ถึง
เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2537