

รอยแตกของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำาง
จังหวัดเพชรบูรณ์

นางสาวศิริรัตน์ ทรัพย์สกุล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

Fractures of the Loei-Petchabun Fold Belt at Klong Lamgong Reservoir,
Changwat Petchabun

Miss Sirirat Subsakul

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of the Bachelor Program in Geology,
Department of Geology, Faculty of Science,
Chulalongkorn University, Academic Year 2013

วันที่ส่ง/...../.....
วันที่อนุมัติ/...../.....

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

กิตติกรรมประกาศ

ประการแรก ขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนทางด้านงบประมาณและค่าใช้จ่ายในการศึกษาครั้งนี้ รวมไปถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในการทำงานในห้องปฏิบัติการ

ประการที่สอง ขอขอบคุณอย่างสูงแก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยในครั้งนี้ อาจารย์ได้เสียสละเวลามาช่วยเหลือในการสำรวจภาคสนามและให้ความรู้และคำปรึกษาในการอธิบายเรื่องของธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตกและวิวัฒนาการโครงสร้างของแนวรอยแตก รวมถึงคำอธิบายในการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของหินในพื้นที่ศึกษา

นอกจากนั้น ขอขอบคุณพี่บุคลากร ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้ช่วยในการสำรวจภาคสนามทุกคนที่ช่วยกันเก็บข้อมูลกายภาพของหินโผล่และข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างต่างๆ ทำให้ได้ออกมาเป็นงานวิจัยในครั้งนี้

หัวข้อ (ภาษาไทย)	รอยแตกของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ บริเวณอ่างเก็บน้ำคลอง ลำาง จังหวัดเพชรบูรณ์
ชื่อ-สกุล	นางสาวศิริรัตน์ ทรัพย์สกุล
รหัสนิสิต	533 21396 23
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์

บทคัดย่อ

เขาดาราด ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอ่างเก็บน้ำคลองลำาง จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความยาวประมาณ 8 กิโลเมตร วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ลักษณะทางธรณีวิทยาของแนวเขาดังกล่าว ประกอบไปด้วยหินตะกอนเนื้อประสมขนาดละเอียดและหินปูนในยุคเพอร์เมียน บางบริเวณพบเป็น หินตะกอนภูเขาไฟ แนวเขาดาราดนี้อยู่ในแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นผลมาจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน

จากการสำรวจภาคสนามและการวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค ได้ถูกนำมาศึกษาและวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อใช้ในการอธิบายธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตกของเขาดาราด บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำาง จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งพบว่ารอยแตกในพื้นที่ศึกษา มีรอยแตกที่ตั้งฉากกัน (orthogonal fracture) ทั้งหมด 3 แนว อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้, แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และแนวตะวันออกเฉียง-ตะวันตก และมีรอยแตกมุมสูง (high angle fracture) 1 แนว อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ สัมพันธ์กับการเกิดชั้นหินคดโค้งในบริเวณที่ศึกษา โดยมีการวางตัวในแนวเดียวกันกับระนาบแกนการโค้ง (axial plane) จากลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตกและวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตกของเขาดาราด บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำาง จังหวัดเพชรบูรณ์แล้ว คาดว่าน่าจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ในช่วงปลายยุคไทรแอสซิก

คำสำคัญ: รอยแตก, ชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์, อ่างเก็บน้ำคลองลำาง, จังหวัดเพชรบูรณ์

Title Fractures of the Loei-Petchabun Fold Belt at Klong Lamgong Reservoir, Changwat Petchabun

Present by Ms.Sirirat Subsakul

ID 533 21396 23

Advisor Assistant Professor Pitsanupong Kanjanapayont, Ph.D

Abstract

Khao Ta Rad, located in Southwest of Klong Lamgong Reservoir, Changwat Petchabun, is in Loei-Petchabun Fold Belt, which developed as a consequence of Sibumasu-Indochina terrane Collision in Triassic. The mountain is the 8 km mountain range lying in N-S direction and composed of Permian fine-grained clastic sedimentary rock and a part of limestone and volcanic clastic sedimentary rock. Based on evidences in mesoscopic structure from field observation and microstructure of study area, fractures in the area consist of orthogonal fractures 3 directions: NW-SE, NE-SW and E-W and high angle fractures, which orient in the northeast-southwest trend, relate to folding in this area and parallel to axial plane of fold. All structural elements, structural style and structural evolution of fractures relate to Loei-Petchabun Fold Belt activity during Late Triassic.

Keywords: Fracture, Loei-Petchabun Fold Belt, Klong Lamgong Reservoir, Petchabun

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	1
1.1 พื้นที่ศึกษา (Location)	3
1.2 วัตถุประสงค์ (Objectives)	4
1.3 ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Output)	5
1.5 ธรณีวิทยาบริเวณไพศาล (Regional geology)	5
1.6 การตั้งค่าแปรสัณฐาน (Tectonic setting)	6
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)	10
2.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และวิธีการศึกษาเบื้องต้น	12
2.1.1 ศึกษารายงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
2.1.2 ศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลทางธรณีโครงสร้างจากการสำรวจภาคสนาม และการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์	12
2.2 สำรวจภาคสนาม	13
2.2.1 ศึกษาแนวรอยแตกจากหินโผล่	13
2.2.2 เก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง	13
2.3 ศึกษาในห้องปฏิบัติการ	14
2.3.1 กำหนดตำแหน่งใน ตาข่ายมิตติเตอร์อิอกราฟีคและแผนภาพภูหาลาบ	14
2.3.2 ศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาค จากแผ่นหินขัดบางด้วยกล้องจุลทรรศน์ แสงโพลาไรซ์	14
2.4 รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตีความผลการศึกษา	15
2.5 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา	15
2.6 นำเสนอในรูปแบบสัมมนาและจัดทำรูปเล่มรายงาน	15
บทที่ 3 ผลการศึกษา (Result)	16
3.1 ธรณีวิทยา (Geology)	16
3.2 ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural Geology)	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.1 ระดับกลาง (mesoscopic scale)	22
3.2.1.1 ข้อมูลการวางตัวของชั้นหิน (attitude of bedding)	23
3.2.1.2 การเปลี่ยนลักษณะแบบแตกเปราะ (brittle deformation)	24
1) โครงสร้างรอยแตก (fracture)	24
2) โครงสร้างรอยเลื่อน (fault)	49
3.2.2 ระดับจุลภาค (microscopic scale)	53
บทที่ 4 อภิปรายผลการศึกษา (Discussion)	55
4.1 ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตก (structural style of fracture)	55
4.1.1 โครงสร้างรอยแตกที่ตั้งฉากกัน (orthogonal fracture)	55
4.1.2 โครงสร้างรอยแตกมุมสูง (high angle fracture)	57
4.1.3 โครงสร้างระนาบรอยเลื่อน (fault plane)	58
4.2 วิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตก (structural evolution of fracture)	59
4.3 วิวัฒนาการการแปรสัณฐาน (tectonic evolution)	62
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา (Conclusion)	64
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	68

สารบัญภาพ

	หน้า
รูป 1.1 ภาพแสดงบริเวณที่เกิดการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกขานไทยและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ประกอบด้วยกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งสุโขทัย (เส้นสีแดง), กลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลย (เส้นสีน้ำเงิน) และกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งจีนใต้ (เส้นสีชมพู) (Bunopas, 1983) (ก) ภาพแสดงแผ่นเปลือกโลกต่างๆ บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และทางใต้ของประเทศจีน (Metcalf, 2013) (ข)	2
รูป 1.2 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลำดับชั้นหิน (stratigraphy) แต่ละพื้นที่ของแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสุ ประกอบไปด้วยบริเวณทางเหนือของเกาะสุมาตรา, ลังกาวิและทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศมาเลเซีย, ภาคใต้ของประเทศไทย, ภาคตะวันตกของประเทศไทย และรัฐฉาน ประเทศพม่า (Metcalf, 2013)	3
รูป 1.3 ภาพดาวเทียมแสดงพื้นที่ศึกษา ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอ่างเก็บน้ำคลองลำกง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ (Google Earth)	4
รูป 1.4 พื้นที่บางส่วนของแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ มาตราส่วน 1:250,000 พ.ศ. 2552 และพื้นที่ศึกษาคือบริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง จังหวัดเพชรบูรณ์ (กรอบสี่เหลี่ยม) ซึ่งมีการวางตัวในแนวประมาณเหนือ-ใต้	6
รูป 1.5 ภาพแสดงบริเวณที่เกิดการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกขานไทยและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ประกอบด้วยกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งสุโขทัย (เส้นสีแดง), กลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลย (เส้นสีน้ำเงิน) และกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งจีนใต้ (เส้นสีชมพู) (Bunopas, 1983) (ก) ภาพแสดงแผ่นเปลือกโลกต่างๆ บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และทางใต้ของประเทศจีน (Metcalf, 2013) (ข)	7
รูป 1.6 ภาพแสดงการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสุและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ตั้งแต่ช่วงยุคครีตเวียจนถึงยุคคาร์บอนิฟอรัส (Metcalf, 2013)	8
รูป 1.7 ภาพแสดงธรณีวิทยาแปรสัณฐานที่ทำให้เกิดแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ เนื่องจาก การชนกันของแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสุและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (Metcalf, 2013)	9
รูป 2.1 แผนผังแสดงลำดับการดำเนินงานวิจัยมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ตามลำดับ	11
รูป 2.2 ภาพแสดงชนิดของตัวบ่งชี้ทิศทางการเฉือน (shear sense indicators) ของโครงสร้างจุลภาคในแผ่นหินขัดบาง (Passchier and Trouw, 2005)	13

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 2.3 การเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (Passchier and Trouw, 2005)	14
รูป 3.1 หินโผล่แสดงหินปูนมีสีสดเป็นสีเทาและมีสีฝุ่นเป็นสีน้ำตาล มีความหนาของชั้นหิน (bed) ประมาณ 50 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) บริเวณจุดศึกษาที่ 1	17
รูป 3.2 แสดงลักษณะที่มีการแทรกตัดสายแร่แคลไซต์เข้ามาในลักษณะที่เป็นระนาบ โดยมีขนาดของสายแร่แคลไซต์ประมาณ 0.5 เซนติเมตร (ก) และมีขนาดของสายแร่แคลไซต์ประมาณ 0.25 เซนติเมตร (ข) บริเวณจุดศึกษาที่ 1	17
รูป 3.3 ลักษณะการเลื้อนตัวของสายแร่แคลไซต์ (calcite vein) ที่ตัดเข้ามาในหินปูน บริเวณจุดศึกษาที่ 1 ออกจากสายแร่เดิม ซึ่งควรจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงต่อกัน แสดงการเฉือน แบบแตกเปราะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา (dextral brittle shear) (ก) ภาพขยายจากรูป 3.2 ก (ข) บริเวณจุดศึกษาที่ 1	18
รูป 3.4 En echelon joint ของสายแร่แคลไซต์ แสดงการเฉือนแบบแตกเปราะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา (dextral brittle shear) ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) (ก) และลักษณะของ En echelon joint บนหินปูน แสดงการเฉือนแบบแตกเปราะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา (dextral brittle shear) ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) บริเวณจุดศึกษาที่ 1	18
รูป 3.5 หินโผล่หินตะกอนเนื้อประสมขนาดละเอียดแสดงลักษณะเป็นชั้นหินคดโค้ง หินโผล่ บริเวณจุดศึกษาที่ 15 (ก) และจุดศึกษาที่ 20 (ข) มีแนวการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ส่วนหินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 24 มีแนวการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) เป็นส่วนใหญ่ แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NW-SW) และแนวเหนือ-ใต้ (N-S) ในบางชั้นหิน (ค)	19
รูป 3.6 ภาพแสดงการแทรกสลับของหินตะกอนเนื้อประสม (ชั้นหินสีขาวและชั้นหินสีเทา-ดำ) บริเวณจุดศึกษาที่ 12 และพบการไล่ระดับของขนาดเม็ดตะกอนในบางชั้นหิน	20
รูป 3.7 En echelon joint แสดงการเฉือนแบบแตกเปราะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา (dextral brittle shear) ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) บริเวณจุดศึกษาที่ 7	20

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 3.8 ภาพแสดงลักษณะการแทรกดันของพนัก (dike) เข้ามาในหินทราย มีทิศทางการวางตัว $200^{\circ}/45^{\circ}$ NW (ก) พนักมีลักษณะเป็นหินอัคนี ตัดกันระหว่างหินอัคนีที่มีสีปานกลาง (intermediate igneous rock) กับหินอัคนีที่มีสีเข้ม (mafic igneous rock) (ข)	21
รูป 3.9 ภาพดาวเทียมแสดงจุดศึกษาทั้งหมด จำนวน 24 จุดศึกษา (ลูกศรสีเหลือง) และจุดเก็บตัวอย่าง จำนวน 5 จุดศึกษา (ดาวสีแดง)	22
รูป 3.10 หินโผล่ที่เป็นหินปูน บริเวณจุดศึกษาที่ 1 (ก) และหินโผล่ที่เป็นหินโคลนแทรกสลับกับหินทราย บริเวณจุดศึกษาที่ 11 (ข) มีแนวการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)	23
รูป 3.11 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าการวางตัวของชั้นหินในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนที่ดาวเทียมสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 179 ข้อมูล แสดงการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)	23
รูป 3.12 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าการวางตัวของชั้นหินในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม จำนวน 179 ข้อมูล แสดงการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)	24
รูป 3.13 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 1 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 1 ลงบนแผนที่ดาวเทียมสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 26 ข้อมูล (ค) และบนแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม จำนวน 18 ข้อมูล (ง)	25
รูป 3.14 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 2 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออกเฉียง-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 2 ลงบนแผนที่ดาวเทียมสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 35 ข้อมูล (ค) และบนแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม จำนวน 16 ข้อมูล (ง)	26

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 3.15 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 3 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ- ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณ จุดศึกษาที่ 3 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 45 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพ กุหลาบ จำนวน 25 ข้อมูล (ง)	27
รูป 3.16 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 4 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ- ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณ จุดศึกษาที่ 4 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 30 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพ กุหลาบ จำนวน 23 ข้อมูล (ง)	28
รูป 3.17 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 5 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ- ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณ จุดศึกษาที่ 5 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 18 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพ กุหลาบ จำนวน 10 ข้อมูล (ง)	29
รูป 3.18 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 6 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวเหนือ-ใต้ (N-S) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 6 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอ กราฟฟิก จำนวน 19 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 11 ข้อมูล (ง)	30
รูป 3.19 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 7 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ- ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณ จุดศึกษาที่ 7 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 20 ข้อมูล (ค) และบน แผนภาพกุหลาบ จำนวน 19 ข้อมูล (ง)	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 3.20 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 8 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ซึ่งอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ- ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณ จุดศึกษาที่ 8 ลงบนภาพถ่ายมิติสเตอร์ิโอกราฟฟิก จำนวน 21 ข้อมูล (ค) และบน แผนภาพกุหลาบ จำนวน 12 ข้อมูล (ง)	32
รูป 3.21 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 9 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ- ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณ จุดศึกษาที่ 9 ลงบนภาพถ่ายมิติสเตอร์ิโอกราฟฟิก จำนวน 20 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพ กุหลาบ จำนวน 9 ข้อมูล (ง)	33
รูป 3.22 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 10 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ- ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณ จุดศึกษาที่ 10 ลงบนภาพถ่ายมิติสเตอร์ิโอกราฟฟิก จำนวน 18 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพ กุหลาบ จำนวน 14 ข้อมูล (ง)	34
รูป 3.23 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 11 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวเหนือ-ใต้ (NE-SW) และแนว ตะวันออกเฉียง-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณ จุดศึกษาที่ 11 ลงบนภาพถ่ายมิติสเตอร์ิโอกราฟฟิก จำนวน 18 ข้อมูล (ค) และบนแผน ภาพกุหลาบ จำนวน 15 ข้อมูล (ง)	35
รูป 3.24 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 12 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวัน ตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออกเฉียง-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่า รอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 12 ลงบนภาพถ่ายมิติสเตอร์ิโอกราฟฟิก จำนวน 22 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 17 ข้อมูล (ง)	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 3.25 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 13 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่ง ค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 13 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 25 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 16 ข้อมูล (ง)	37
รูป 3.26 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 14 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่ง ค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 14 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 23 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 13 ข้อมูล (ง)	38
รูป 3.27 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 15 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่ง ค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 15 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 19 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 16 ข้อมูล (ง)	39
รูป 3.28 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 16 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่ง ค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 16 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 21 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 12 ข้อมูล (ง)	40
รูป 3.29 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 17 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตก ที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวเหนือ-ใต้ (N-S) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ- ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณ จุดศึกษาที่ 17 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 26 ข้อมูล (ค) และบนแผน ภาพกุหลาบ จำนวน 16 ข้อมูล (ง)	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 3.30 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 18 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 18 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 18 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 14 ข้อมูล (ง)	42
รูป 3.31 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 19 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตก (E-W) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 19 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 18 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 17 ข้อมูล (ง)	43
รูป 3.32 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 20 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 20 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 21 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 13 ข้อมูล (ง)	44
รูป 3.33 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 21 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตก (E-W) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 21 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 23 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 16 ข้อมูล (ง)	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 3.34 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 22 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 22 ลงบนภาพถ่ายมิติสเตอร์ิโอกราฟฟิก จำนวน 17 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 12 ข้อมูล (ง)	46
รูป 3.35 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 23 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 23 ลงบนภาพถ่ายมิติสเตอร์ิโอกราฟฟิก จำนวน 19 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 16 ข้อมูล (ง)	47
รูป 3.36 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 24 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตก (E-W) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 24 ลงบนภาพถ่ายมิติสเตอร์ิโอกราฟฟิก จำนวน 27 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 24 ข้อมูล (ง)	48
รูป 3.37 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 6 (กรอบสีแดง) และจุดศึกษาที่ 14 (กรอบสีเหลือง) (ก) ภาพแสดงรอยเลื่อนปกติ บริเวณจุดศึกษาที่ 6 โดยระนาบรอยเลื่อนวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) และบริเวณจุดศึกษาที่ 14 โดยระนาบรอยเลื่อนวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ค)	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 3.38 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าระนาบรอยเลื่อนปกติในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนตาข่าย มิติสเตอร์ไอกรรฟฟิก (equal-area stereographic net) จำนวน 5 ข้อมูล แสดง ระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และ แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)	50
รูป 3.39 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าระนาบรอยเลื่อนปกติในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพ กุหลาบ (rose diagram) จำนวน 5 ข้อมูล แสดงระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนว ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ- ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)	50
รูป 3.40 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 24 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยเลื่อน ย้อน บริเวณจุดศึกษาที่ 24 โดยระนาบรอยเลื่อนวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) มีทิศทาง การวางตัว $175^{\circ} / 73^{\circ} \text{ W}$ (ข) และมีทิศทางวางตัว $162^{\circ} / 76^{\circ} \text{ W}$ (ค)	51
รูป 3.41 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าระนาบรอยเลื่อนย้อนในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนตาข่ายมิตี สเตอร์ไอกรรฟฟิก (equal-area stereographic net) จำนวน 3 ข้อมูล แสดงระนาบ รอยเลื่อนอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S)	52
รูป 3.42 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าระนาบรอยเลื่อนย้อนในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 3 ข้อมูล แสดงระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S)	52
รูป 3.43 ลักษณะของแร่ควอตซ์ทรงกลมหรือรี มีการวางตัวขนานกับแนวชั้นหินบาง (lamination) ในแผ่นหินขัดบาง ภายใต้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ พบในแผ่นหินขัดบางจากหิน ตัวอย่าง บริเวณจุดศึกษาที่ 22	53
รูป 3.44 ลักษณะของรอยแตกที่ปรากฏในแร่แคลไซต์ ซึ่งสัมพันธ์กับรอยแตกที่พบในหินโผล่ บริเวณจุดศึกษาที่ 1 (ก) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกในพื้นที่ศึกษาลงบนแผน ตาข่ายมิติสเตอร์ไอกรรฟฟิก (equal-area stereographic net) จำนวน 26 ข้อมูล มีการวางตัวของรอยแตกอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram) จำนวน 26 ข้อมูล มีการวางตัวของรอยแตกอยู่ในแนวตะวันตกเฉียง เหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ค)	54

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 4.1 ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออก เฉียงใต้ (NW-SE) ของหินในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 109 ข้อมูล	56
รูป 4.2 ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกที่ตั้งฉากกัน ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตก เฉียงใต้ (NE-SW) ของหินในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 89 ข้อมูล	56
รูป 4.3 ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกที่ตั้งฉากกัน ในแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ของหิน ในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 40 ข้อมูล	57
รูป 4.4 ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกมุมสูงของหินในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 49 ข้อมูล ส่วนใหญ่มีการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)	57
รูป 4.5 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าระนาบรอยเลื่อนในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนตาศายามิติสเตอร์ไอ กราฟฟิก จำนวน 10 ข้อมูล มีระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออก เฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนว เหนือ-ใต้ (N-S)	58
รูป 4.6 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าระนาบรอยเลื่อนในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 10 ข้อมูล มีระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออก เฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนว เหนือ-ใต้ (N-S)	58
รูป 4.7 แบบจำลองของรูปแบบโครงสร้างของเขาดาราดในลำดับที่ 1 แสดงการสะสมตัว ของตะกอนในแนวระดับ	59
รูป 4.8 แบบจำลองของรูปแบบโครงสร้างของเขาดาราดในลำดับที่ 2 แสดงการคดโค้ง ของหินท้องถิ่น (country rock) พร้อมกับเกิดรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออก เฉียงใต้ (NW-SE) จากนั้นจึงเกิดรอยแตกในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ซึ่งเป็นทิศทางตั้งฉากกับรอยแตกแนวแรก เนื่องจากแรงบีบอัดในทิศทางตะวันตก เฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ที่พบใน พื้นที่ศึกษา (ข)	60

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 4.9 แบบจำลองของรูปแบบโครงสร้างของเขาดาราดในลำดับที่ 3 แสดงการเปิดออก เป็นรอยแตกในแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ร่วมกับการเกิดรอยเลื่อนย้อนซึ่งมี ระนาบรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) เนื่องจากผลต่อเนื่องของแรงบีบอัดที่มีการ เปลี่ยนทิศทางของแรงที่เข้ามากระทำจากทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) เป็นแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ก) รอยแตกในแนวตะวันตกเฉียง เหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ที่พบในพื้นที่ศึกษา แสดงให้เห็นถึง ลำดับก่อน-หลังของการเกิดรอยแตกในแต่ละแนว (ข)	61
รูป 4.10 ภาพแสดงธรณีวิทยาแปรสัณฐานที่ทำให้เกิดแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ เนื่องจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสุและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (Metcalfe, 2013) ซึ่งโครงสร้างรอยแตกและรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาน่าจะ สัมพันธ์กับเหตุการณ์ในยุคไทรแอสซิกตอนปลาย บริเวณกลุ่มหินอัคนีเลย-เพชรบูรณ์ (Loei-Phetchabun Volcanic Belt) (กรอบสีแดง)	63

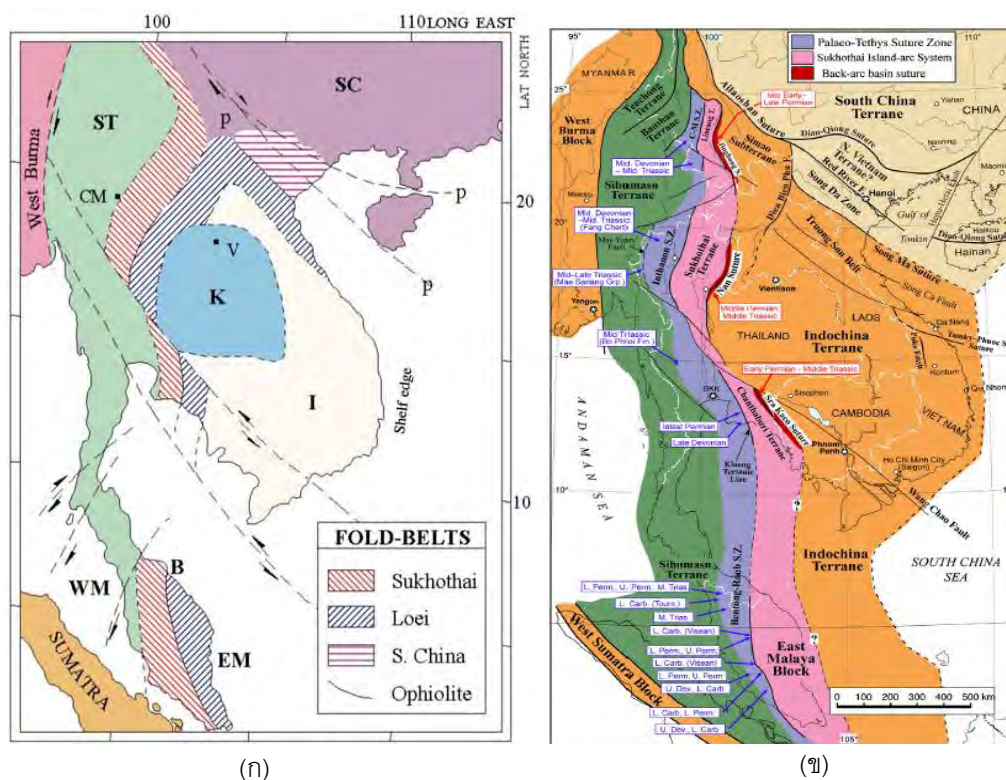
บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

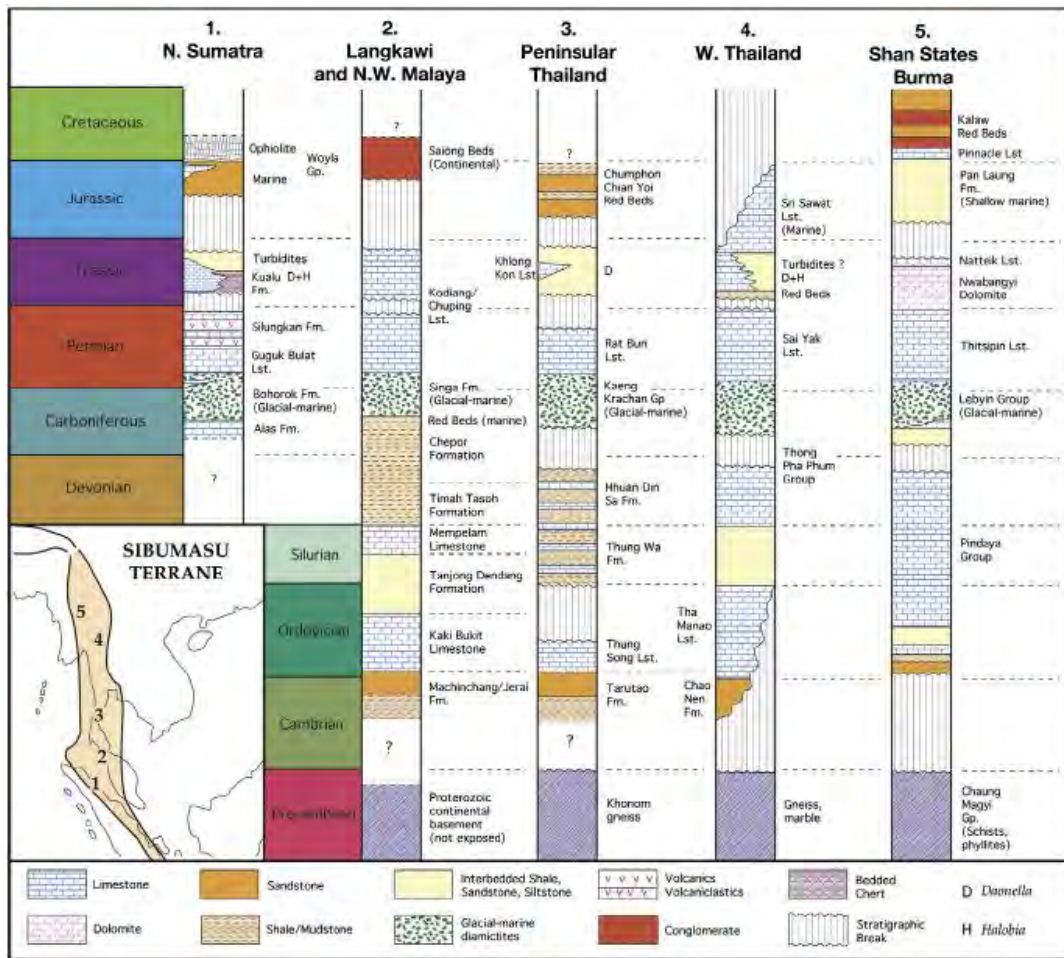
ธรณีวิทยาโครงสร้างหลักที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเป็นผลมาจากเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกใน 2 เหตุการณ์ด้วยกัน เหตุการณ์ที่ 1 เกิดขึ้นเนื่องจากการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกไซบุมาสู (Sibumasu) และแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (Indochina) ในช่วงยุคไทรแอสซิก (Metcalf, 2013) โดยแผ่นเปลือกโลกไซบุมาสูนี้ เทียบเคียงได้กับแผ่นเปลือกโลกชานไทย (Shan-Thai) (Bunopas, 1994) (รูป 1.1) เนื่องจากในอดีตมีการศึกษาแผ่นเปลือกโลกนี้เพียงเล็กน้อย ต่อมาได้มีการศึกษาในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพิ่มมากขึ้น ทั้งบริเวณทางเหนือของเกาะสุมาตรา, ลังกาวิ, และทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศมาเลเซีย (Metcalf, 1991) (รูป 1.2) ทำให้มีการเรียกแผ่นเปลือกโลกนี้ใหม่ว่า แผ่นเปลือกโลกไซบุมาสู ธรณีวิทยาโครงสร้างหลักในประเทศไทยที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์นี้ได้แก่ แนวชั้นหินคดโค้งบริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลกไซบุมาสูและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ซึ่งก็คือกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งสุโขทัย (Sukhothai Fold Belt) ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันตกของรอยต่อธรณีน่าน (Nan suture) และกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลย (Loei Fold Belt) ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันออกของรอยต่อธรณีน่าน การวางตัวของแนวชั้นหินคดโค้งนั้นอยู่ในแนวประมาณเหนือ-ใต้ (N-S) ตามทิศทางของรอยต่อธรณีน่าน (Bunopas and Vella, 1983) (รูป 1.1ก) และเหตุการณ์ที่ 2 เกิดจากอิทธิพลของการชนกันระหว่างแผ่นทวีปอินเดียและแผ่นทวีปยูเรเชียในช่วงยุคเทอร์เชียรี (Charusiri et al., 2002) การชนกันระหว่างแผ่นทวีปอินเดียและแผ่นทวีปยูเรเชียนี้ ส่งผลให้เกิดรอยเลื่อนที่มีการเลื่อนตัวตามแนวระดับ (strike-slip fault) ส่วนใหญ่ในประเทศไทย แบ่งออกเป็นรอยเลื่อนแบบไปด้านขวา (right-lateral strike-slip fault) ได้แก่ รอยเลื่อนแม่ปิง รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ และรอยเลื่อนแบบไปด้านซ้าย (left-lateral strike-slip fault) ได้แก่ รอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย เป็นต้น อีกทั้งยังเป็นสาเหตุให้เกิดแอ่งตะกอน (sedimentary basin) ยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) ในประเทศไทยอีกด้วย

กลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลยหรือกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งตะวันออก ประกอบไปด้วยตะกอนเนื้อประสมแบบลิ้ม (clastic sedimentary wedge) ที่ตกตะกอนในบริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลกที่เกิดจากร่องทรุด (rift) (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) มีแนวการวางตัวครอบคลุมพื้นที่จังหวัดเลย เพชรบูรณ์ บางส่วนของจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร นครสวรรค์ ลพบุรี สระบุรี และนครนายก เนื่องจากกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งนี้มีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดเลยและเพชรบูรณ์ ดังนั้นอาจเรียกกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งตะวันออกนี้ว่า กลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์

การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปยังการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตกของกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำปาง ตำบลวังท่าดี อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อหา ลักษณะเฉพาะของรอยแตกและความสัมพันธ์กับชั้นหินคดโค้งในบริเวณเดียวกัน รวมทั้งวิเคราะห์หา วิวัฒนาการการเกิดธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่ศึกษา โดยจะทำการศึกษาในสองระดับหลัก ได้แก่ ระดับกลางและระดับจุลภาค



รูป 1.1 ภาพแสดงบริเวณที่เกิดการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกชานไทยและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ประกอบด้วยกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งสุโขทัย (เส้นสีแดง), กลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลย (เส้นสีน้ำเงิน) และกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งจีนใต้ (เส้นสีชมพู) กลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งนี้เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนทะเลมหายุคพาลีโอไซอิกถึงยุคไทรแอสซิก (marine Paleozoic to Triassic) และหินอัคนีพุ (volcanic rocks) บริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลก ตัวอย่าง ST = Shan-Thai; SC = South China; I = Indochina; K = Khorat Basin; WM = West Malay Peninsula; East Malay Peninsula; B = Bentong ophiolite line; CM = Chiang Mai; V = Vientiane (Bunopas, 1983) (ก) ภาพแสดงแผ่นเปลือกโลกต่างๆ บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และทางใต้ของประเทศจีน ประกอบด้วยแผ่นเปลือกโลกพม่าตะวันตก (West Burma Block) และแผ่นเปลือกโลกสุมาตราตะวันตก (West Sumatra Block) (แถบสีส้มเข้ม), แผ่นเปลือกโลกไซบุมาสู (แถบสีเขียวเข้ม), แนวอินทนนท์ (Inthanon Zone) (แถบสีฟ้า), แนวสุโขทัย (Sukhothai zone) (แถบสีชมพู) และแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (แถบสีส้มอ่อน) (Metcalf, 2013) (ข)



รูป 1.2 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลำดับชั้นหิน (stratigraphy) แต่ละพื้นที่ของแผ่นเปลือกโลกไซบุมาสู ประกอบไปด้วยบริเวณทางเหนือของเกาะสุมาตรา, ลังกาวิและทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศมาเลเซีย, ภาคใต้ของประเทศไทย, ภาคตะวันตกของประเทศไทย และรัฐฉาน ประเทศพม่า (Metcalf, 2013)

1.1 พื้นที่ศึกษา (Location)

บริเวณเขตรวด ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอ่างเก็บน้ำคลองลำกง ตำบลวังท่าดี อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ จัดอยู่ในแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ โดยอยู่ระหว่าง UTM 737600 ถึง 742400 และ 1768500 ถึง 1771500 แนวเขาดังกล่าวมีความยาวประมาณ 8 กิโลเมตร วางตัวในแนวประมาณเหนือ-ใต้ หินท้องที่ในแนวสันเขานี้เป็นหินตะกอนเนื้อประสมขนาดละเอียดในยุคเพอร์เมียน (รูป 1.3)



รูป 1.3 ภาพดาวเทียมแสดงพื้นที่ศึกษา ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอ่างเก็บน้ำคลองลำกง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ (Google Earth)

1.2 วัตถุประสงค์ (Objectives)

1. ศึกษาแนวรอยแตก บริเวณเขตาราด จังหวัดเพชรบูรณ์
2. ศึกษาวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างแนวรอยแตกของเขตาราด จังหวัดเพชรบูรณ์

1.3 ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)

การศึกษาแนวรอยแตก บริเวณเขตาราด อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ แบ่งออกเป็น 2 ระดับหลัก คือ

1. ระดับกลาง (mesoscopic scale) เป็นการสำรวจภาคสนาม ซึ่งจะได้ข้อมูลเช่น ข้อมูลรอยแตก (fracture) และตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen) ข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก (equal-area stereographic net) และ แผนภาพกุหลาบ (rose diagram)
2. ระดับจุลภาพ (microscopic scale) ศึกษาแผ่นหินขัดบาง (thin section) จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen) เพื่อศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาค (microstructure)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Output)

1. ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างแนวรอยแตก บริเวณเขาตาราด จังหวัดเพชรบูรณ์
2. วิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างแนวรอยแตกของเขาตาราด จังหวัดเพชรบูรณ์

1.5 ธรณีวิทยาบริเวณไพศาล (Regional geology)

จากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ มาตราส่วน 1:250,000 พ.ศ. 2552 กรมทรัพยากรธรณี บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำาง มีพื้นที่ข้างเคียงประกอบด้วยหินหลากหลายช่วงอายุตั้งแต่ยุคเพอร์เมียน ถึงควอเทอร์นารี (รูป 1.4)

หน่วยหินเพอร์เมียน

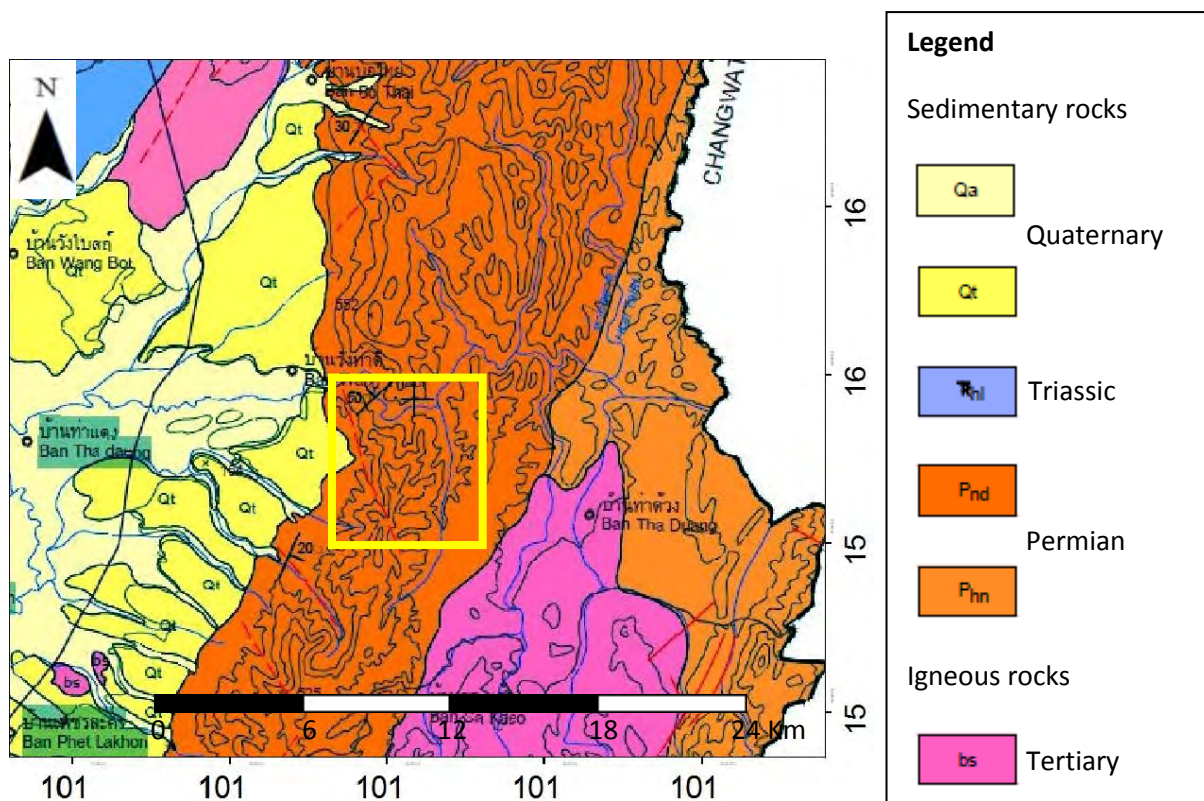
หน่วยหินนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนอยู่ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งแผนที่ธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรธรณี, 2552) จัดให้อยู่ในหมวดหินน้ำดุก ประกอบด้วยหินดินดาน สีเทาดำ น้ำตาลแดง หินทราย สีน้ำตาลเหลือง น้ำตาลแดง มีชั้นเฉียงระดับขนาดเล็กละเอียดมาก มีการคดโค้งมาก มีซิลิเซียสเชื่อมประสาน หินปูนเป็นเลนส์ และส่วนที่อยู่บริเวณทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา ซึ่งแผนที่ธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรธรณี, 2552) จัดให้อยู่ในหมวดหินหัวนาคำ ประกอบด้วยหินดินดานสีเทา หินทรายสีน้ำตาลแกมเหลือง และแทรกสลับด้วยหินปูน มีลักษณะเป็นเลนส์ พบซากดึกดำบรรพ์ของคตข้าวสสาร หอยสองฝาบราคิโอพอด ปะการัง และเศษพืช

ตะกอนควอเทอร์นารี

ตะกอนควอเทอร์นารี สะสมตัวอยู่ทั่วบริเวณที่ราบทางทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา แสดงให้เห็นจากที่ราบเก่าที่สะสมบนลานตะพัก โดยตะกอนตะพักลุ่มน้ำ (Qt) จะประกอบไปด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดิน และตะกอนน้ำพาในที่ราบลุ่มปัจจุบัน (Qa) ซึ่งประกอบไปด้วยทราย ทรายแป้ง ดินเคลย์ และกรวดเม็ดละเอียด

หินบะซอลต์

หินบะซอลต์นี้อยู่ในแนวสันเขาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา อยู่ในยุคเทอร์เชียรี ซึ่งเป็นหินบะซอลต์ สีเทาเข้ม ถึงสีดำ เป็นรูปท่อน และเป็นฟอง มีผลึกของแร่ โอลิวีน ไพรอกซีน และสปิเนล บางแห่งแสดงรอยแตกแบบเส้า

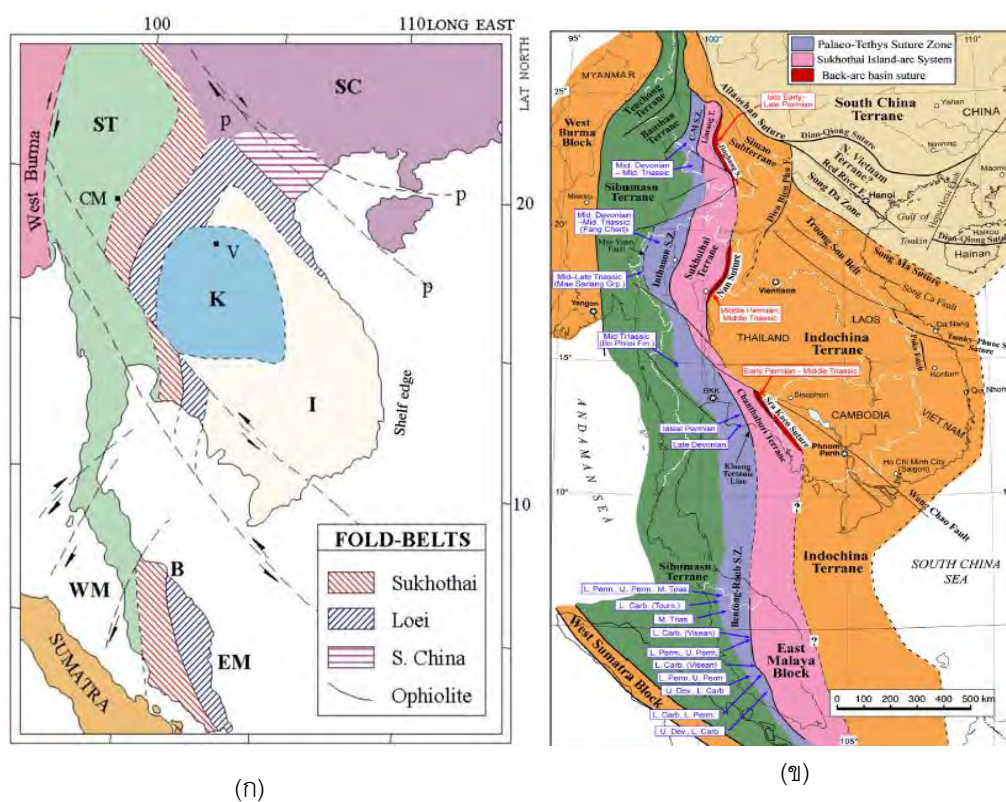


รูป 1.4 พื้นที่บางส่วนของแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ มาตราส่วน 1:250,000 พ.ศ. 2552 และพื้นที่ศึกษาคือบริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง จังหวัดเพชรบูรณ์ (กรอบสี่เหลี่ยม) ซึ่งมีการวางตัวในแนวประมาณเหนือ-ใต้

1.6 การตั้งค่าแปรสัณฐาน (Tectonic setting)

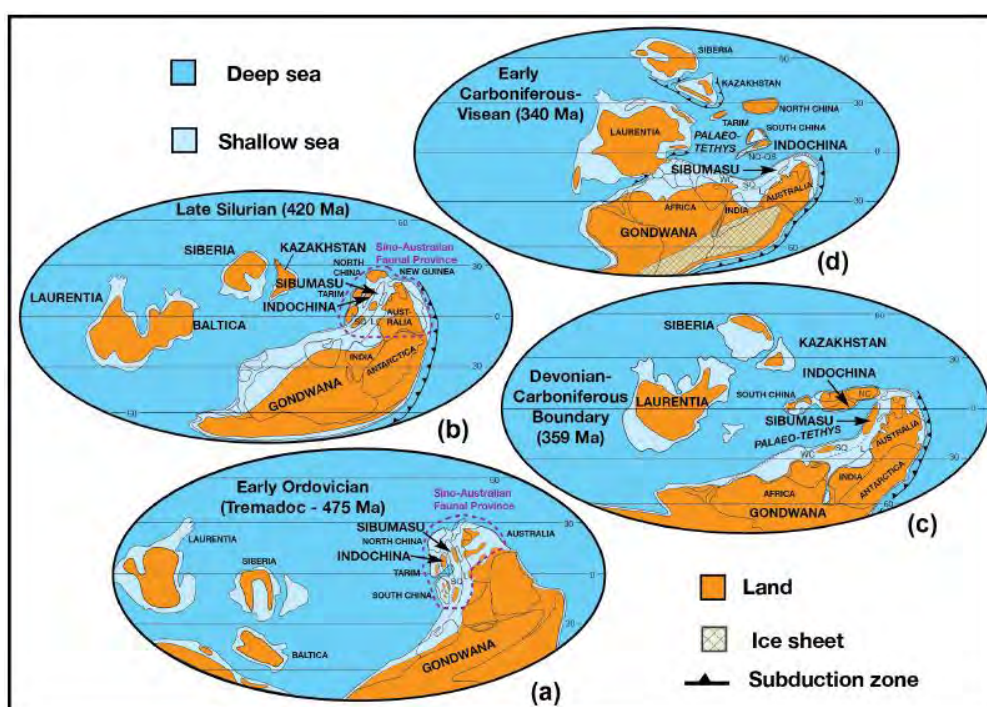
ประเทศไทยประกอบไปด้วยแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาซูและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน โดยแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาซูนี้ เทียบเคียงได้กับแผ่นเปลือกโลกชานไทย (Shan-Thai) (Bunopas, 1994) (รูป 1.5) เนื่องจากในอดีตมีการศึกษาแผ่นเปลือกโลกนี้เพียงเล็กน้อย ต่อมาได้มีการศึกษาในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพิ่มมากขึ้น ทั้งบริเวณทางเหนือของเกาะสุมาตรา, ลังกาวิและทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศมาเลเซีย (Metcalf, 1991) ทำให้มีการเรียกแผ่นเปลือกโลกนี้ใหม่ว่า แผ่นเปลือกโลกไซบิวมาซู และประเทศไทยยังได้มีการแบ่งขอบเขตธรณีวิทยาแปรสัณฐานได้เป็น 3 เขตด้วยกัน ได้แก่ ขอบเขตธรณีด้านตะวันตก (western geological province) ขอบเขตธรณีตอนกลาง (central geological province) และ ขอบเขตธรณีด้านตะวันออก (eastern geological province) (Bunopas, 1981) โดยขอบเขตธรณีตอนกลางหรือกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งตอนกลาง (central fold belt) ยังแบ่งออกเป็น 3 แนวที่ขนานกันคือ กลุ่มแนวชั้นหิน

คดโค้งสูงโขทัยอยู่ทางตะวันตกและกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลยอยู่ทางตะวันออกโดยมีรอยต่อธรณีนานเป็นตัวเชื่อมระหว่างกลาง (Bunopas and Vella, 1978) (รูป 1.5 ก)

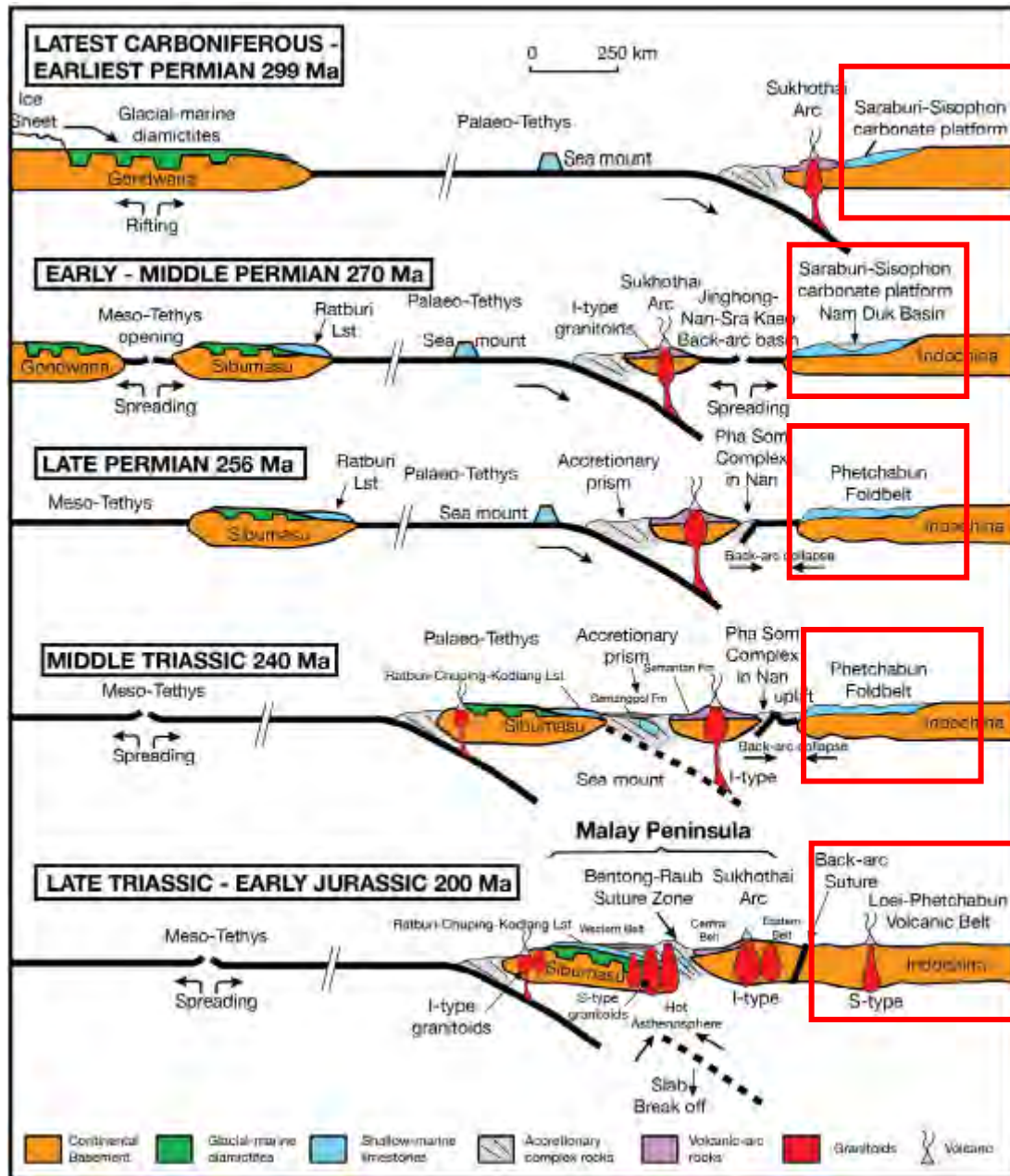


รูป 1.5 ภาพแสดงบริเวณที่เกิดการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกขานไทยและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ประกอบด้วยกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งสูงโขทัย (เส้นสีแดง), กลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลย (เส้นสีน้ำเงิน) และกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งจีนใต้ (เส้นสีเขียว) กลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งนี้เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนทะเลมหายุคพาลีโอโซอิกถึงยุคไทรแอสซิก (marine Paleozoic to Triassic) และหินอัคนีพุ (volcanic rocks) บริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลก ด้วยย่อ ST = Shan-Thai; SC = South China; I = Indochina; K = Khorat Basin; WM = West Malay Peninsula; East Malay Peninsula; B = Bentong ophiolite line; CM = Chiang Mai; V = Vientiane (Bunopas, 1983) (ก) ภาพแสดงส่วนของแผ่นเปลือกโลกต่างๆ บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และทางใต้ของประเทศจีน ประกอบด้วยแผ่นเปลือกโลกพม่าตะวันตก (West Burma Block) และแผ่นเปลือกโลกสุมาตราตะวันตก (West Sumatra Block) (แถบสีส้มเข้ม), แผ่นเปลือกโลกไซบูมาสุ (แถบสีเขียวเข้ม), แนวอินทนนท์ (Inthanon Zone) (แถบสีฟ้า), แนวสูงโขทัย (Sukhothai zone) (แถบสีชมพู) และแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (แถบสีส้มอ่อน) (Metcalf, 2013) (ข)

แผ่นเปลือกโลกไซบูมาซูและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน เคยเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นกอนวานา (Gondwana) อยู่ทางตะวันตกเฉียงเหนือของแผ่นออสเตรเลีย (NW Australia) ในซีกโลกใต้ ตั้งแต่ช่วงยุคพรีแคมเบรียน (Precambrian) จนถึงช่วงมหายุคพาลีโอโซอิกตอนต้น (Early Paleozoic) จากนั้นในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิกตอนกลางจนถึงยุคไทรแอสซิกตอนต้น แผ่นเปลือกโลกไซบูมาซูและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ค่อยๆ เคลื่อนตัวออกจากแผ่นออสเตรเลีย ระหว่างยุคไซลูเรียน (Silurian) จนถึงยุคคาร์บอนิฟอรัสตอนต้น (Early Carboniferous) พร้อมกับกำกับการสร้างแอ่งสะสมตะกอน (sedimentary basin) ของตนเองเป็นครั้งแรก (รูป 1.6) ในช่วงยุคคาร์บอนิฟอรัสตอนต้น (Early Carboniferous) จนถึงยุคเพอร์เมียนตอนปลาย (Late Permian) แผ่นเปลือกโลกไซบูมาซูเคลื่อนที่จากซีกโลกใต้บริเวณใกล้กับเส้นศูนย์สูตร (low Southern latitude) มาอยู่ในซีกโลกเหนือบริเวณใกล้กับเส้นศูนย์สูตร (low Northern latitude) และเริ่มเกิดการมุดตัวของพื้นทะเลโบราณ (Palaeo-Tethys oceanic floor) ลงไปได้แผ่นเปลือกโลกอินโดจีน จนกระทั่งยุคไทรแอสซิกตอนปลาย (Late Triassic) จึงเกิดการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกไซบูมาซูกับแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (Metcalf, 2013) และเป็นสาเหตุให้เกิดการปิดของทะเลโบราณ (Palaeo-Tethys) (Sone and Metcalfe, 2008) (รูป 1.7)



รูป 1.6 ภาพแสดงการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกไซบูมาซูและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ตั้งแต่ช่วงยุคออโดวิเชียนจนถึงยุคคาร์บอนิฟอรัส (Metcalf, 2013)



รูป 1.7 ภาพแสดงธรณีวิทยาแปรสัณฐานที่ทำให้เกิดแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ เนื่องจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสุและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (Metcalf, 2013)

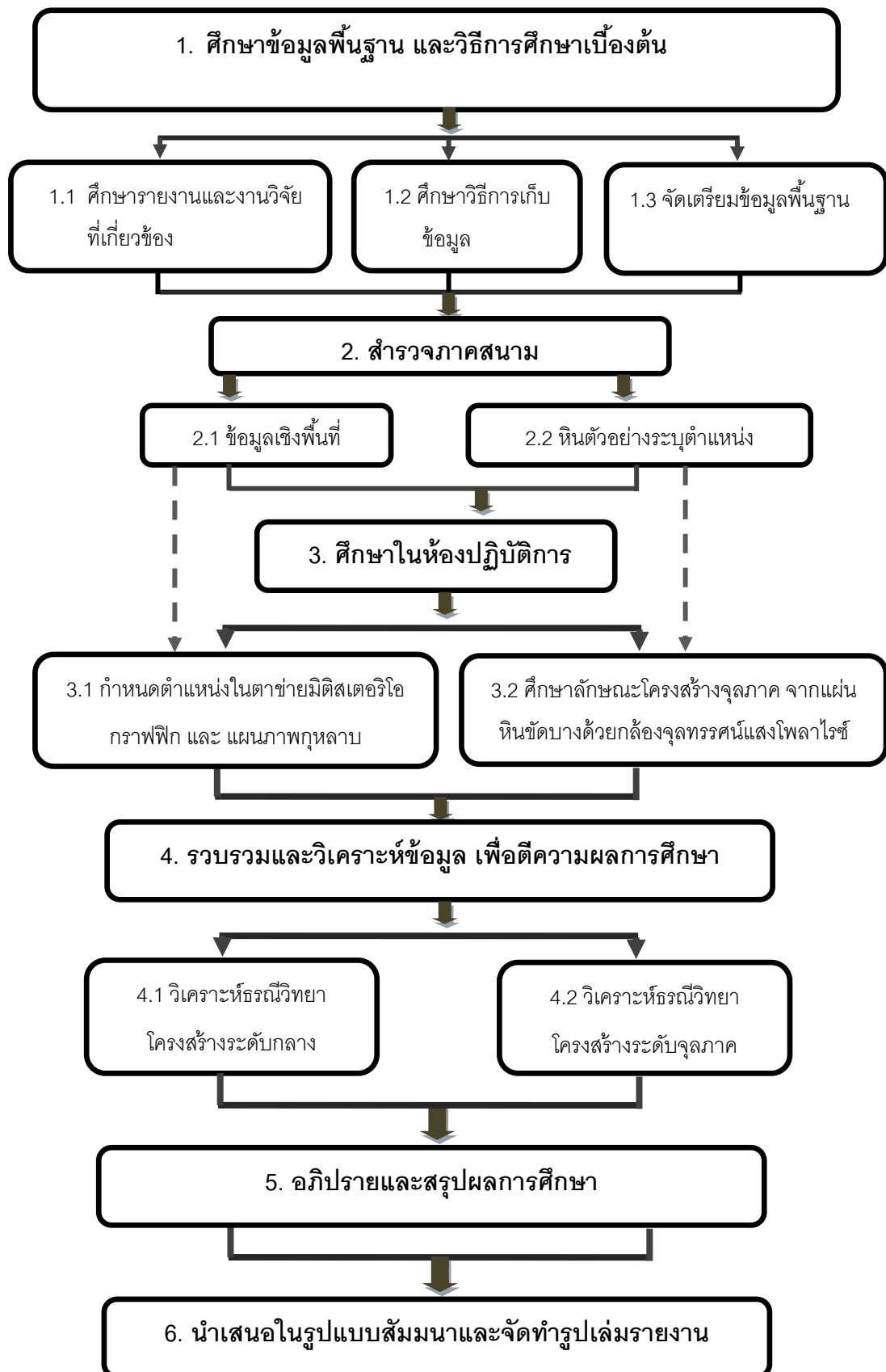
บทที่ 2

ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

ระเบียบวิธีวิจัยของงานวิจัยนี้ แสดงรายละเอียดในแผนภาพ (รูปที่ 2.1) แบ่งออกเป็นทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และวิธีการศึกษาเบื้องต้น
- 2) สำรวจภาคสนาม
- 3) ศึกษาในห้องปฏิบัติการ
- 4) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตีความผลการศึกษา
- 5) อภิปรายและสรุปผลการศึกษา
- 6) นำเสนอในรูปแบบสัมมนาและจัดทำรูปเล่มรายงาน

แผนผังแสดงลำดับการดำเนินงานวิจัย มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้



รูป 2.1 แผนผังแสดงลำดับการดำเนินงานวิจัยมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ตามลำดับ

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย มีทั้งหมด 6 ขั้นตอนหลัก โดยในแต่ละขั้นตอนหลักจะมีการแบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อยๆ เพื่อแสดงรายละเอียดของการศึกษาในแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

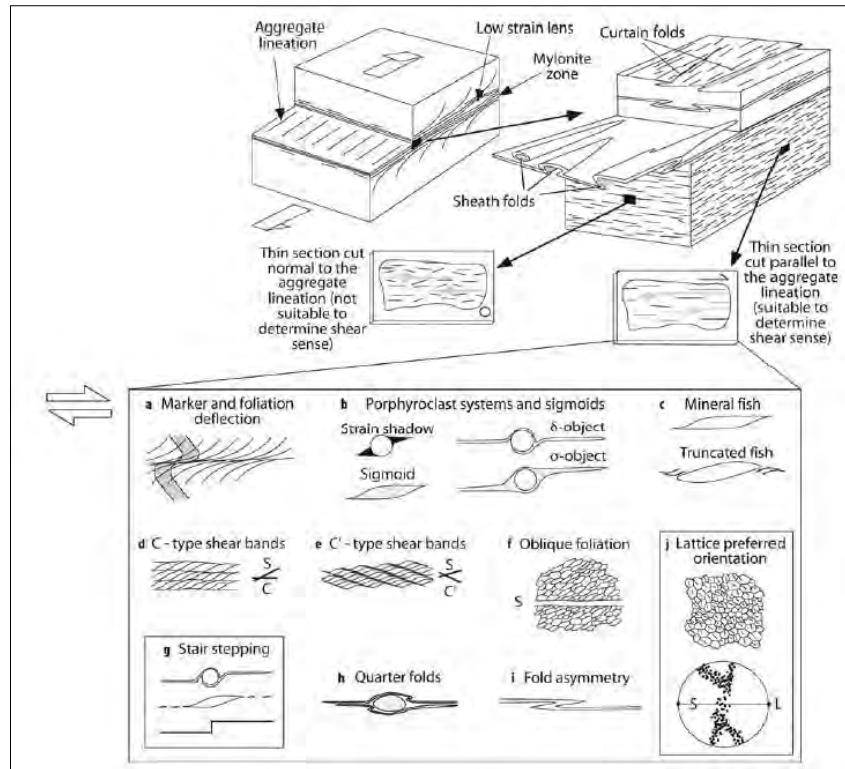
2.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และวิธีการศึกษาเบื้องต้น

2.1.1 ศึกษารายงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 1) ข้อมูลธรณีวิทยาทั่วไปในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย
 - 1.1) แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ มาตราส่วน 1:250,000 พ.ศ. 2552
 - 1.2) แผนที่ภูมิศาสตร์ ได้แก่
 - ลำดับชุด L7017 ระวัง 5240 I มาตราส่วน 1 : 50,000 บ้านหนองไม้แก่น ประเทศไทย
 - ลำดับชุด L7017 ระวัง 5240 IV มาตราส่วน 1 : 50,000 อำเภอหนองไผ่ ประเทศไทย
 - ลำดับชุด L7017 ระวัง 5241 II มาตราส่วน 1 : 50,000 บ้านหนองใหญ่ ประเทศไทย
 - ลำดับชุด L7017 ระวัง 5241 III มาตราส่วน 1 : 50,000 บ้านนาเฉลียง ประเทศไทย
- 2) ข้อมูลการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.2 ศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลทางธรณีโครงสร้างจากการสำรวจภาคสนาม และการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์

โครงสร้างจุลภาคจะทำการศึกษาในแผ่นหินบาง จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่งที่เก็บมาจากพื้นที่ศึกษา โดยจะนำมาศึกษาในเรื่องโครงสร้างในระดับจุลภาค ศิวาวรรณภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ ทำให้สามารถรู้ถึงทิศทางการเฉือน กลไกการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินในพื้นที่ (รูป 2.2) แร่ประกอบหินและลักษณะเนื้อหินที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงและอุณหภูมิในระหว่างการเปลี่ยนแปลง



รูป 2.2 ภาพแสดงชนิดของตัวบ่งชี้ทิศทาง การเฉือน (shear sense indicators) ของโครงสร้างจุลภาคใน แผ่นหินขัดบาง (Passchier and Trouw, 2005)

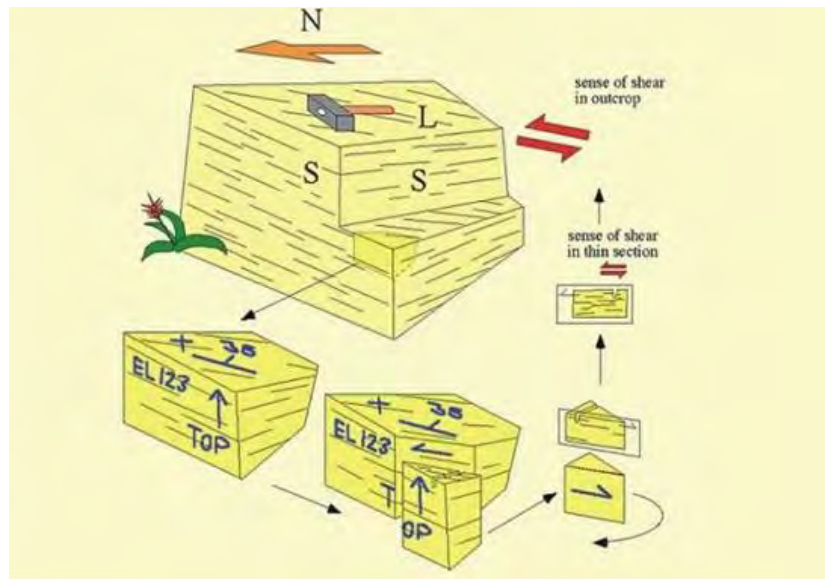
2.2 สํารวจภาคสนาม

2.2.1 ศึกษาแนวรอยแตกจากหินไผ่

ทำการเก็บข้อมูลในภาคสนามโดยใช้เข็มทิศธรณีวิทยา ซึ่งค่าการวางตัวของธรณีวิทยา ประกอบด้วยค่าการวางตัวของชั้นหิน (strike), มุมเฉียงเทของชั้นหิน (dip angle) และรอยแตก รวมทั้งเก็บ ข้อมูลของลักษณะกายภาพของหินไผ่ และลักษณะโครงสร้างบ่งชี้ที่พบในภาคสนาม จากนั้นทำการ ถ่ายรูปไว้เป็นหลักฐาน

2.2.2 เก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง

เก็บโดยมีขนาดไม่น้อยกว่า 15 ซม. x 15 ซม. x 15 ซม. เพื่อนำกลับมาวิเคราะห์โครงสร้างระดับ จุลภาค ซึ่งตัวอย่างหินที่นำกลับมาจะต้องบันทึกค่าระนาบการวางตัวอย่างน้อยหนึ่งระนาบ ลงบนหิน ตัวอย่าง (รูป 2.3) เพื่อใช้เป็นระนาบอ้างอิง ทำให้ทราบถึงการวางตัวของระนาบการแตกหักของหินเดิมใน หินไผ่ที่เราเก็บมาจากการสำรวจภาคสนามเมื่อเรานำกลับมาวิเคราะห์ที่ในห้องปฏิบัติการ



รูป 2.3 การเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (Passchier and Trouw, 2005)

2.3 ศึกษาในห้องปฏิบัติการ

2.3.1 กำหนดตำแหน่งใน ตาข่ายมิติสเตอร์ไอกราฟฟิกและแผนภาพกุหลาบ

ข้อมูลสำหรับการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างของบริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกั้นนั้น เป็นข้อมูลภาคสนามได้แก่ ค่าการวางตัวของชั้นหิน, มุมเอียงเทของชั้นหิน, รอยแตกและโครงสร้างอื่นๆที่พบในภาคสนาม เพื่อดูลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้าง การเปลี่ยนแปลงและการแตกหักในการศึกษาระดับกลางที่ปรากฏของแต่ละจุดศึกษา แล้วนำมาวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างภาพรวมของเขาตาราด ข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปกำหนดตำแหน่งใน ตาข่ายมิติสเตอร์ไอกราฟฟิกและแผนภาพกุหลาบเพื่อใช้วิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างซึ่งจะนำมาใช้ตีความวิวัฒนาการโครงสร้างของเขาตาราด

2.3.2 ศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาค จากแผ่นหินขัดบางด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์

การศึกษานี้เกี่ยวกับลักษณะเนื้อผิว (texture) ของหินและแร่ ที่บ่งชี้ถึงโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแร่ การแตกของแร่อย่างเป็นระบบ รวมถึงระดับและสภาวะการแปรสภาพของหินภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ซึ่งในขั้นตอนการทำแผ่นหินขัดบาง เพื่อให้เห็นลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคที่ชัดเจนและถูกต้องมากที่สุด มีลำดับขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ดังนี้

1) นำตัวอย่างระบุตำแหน่งมาพิจารณาแนวการวางตัวของริ้วขนาน (foliation) และโครงสร้างแนวเส้น (lineation) จากนั้นวางแนวการตัดให้ตั้งฉากกับริ้วขนานและตั้งฉากกับโครงสร้างแนวเส้น เพื่อดูลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่เกิดจากแนวความเครียดมากที่สุด (maximum strain) ที่กระทำต่อหินในพื้นที่

2) พิจารณาแบ่งลักษณะเนื้อหิน เลือกริ้วขนานที่ต้องการศึกษาโดยอาศัยลักษณะของแนวรอยต่อระหว่างเนื้อหิน และลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้าง ตัดแผ่นหินให้ได้ขนาดเหมาะสมกับแผ่นกระจกใส โดยให้ทำสัญลักษณ์ที่ด้านบน (top)

3) นำด้านล่าง (bottom) ของแผ่นหินที่ได้ขนาดเหมาะสมแล้วมาติดกับแผ่นกระจกใส (ระวังอย่าติดกระจกใสที่ด้านบนของหิน มิฉะนั้นอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ผลได้)

4) ดำเนินการทำแผ่นหินขัดบางตามขั้นตอนปกติ

2.4 รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตีความผลการศึกษา

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากภาคสนาม และจากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์ไอกราฟฟิก และแผนภาพภูหาลาบ เพื่อวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างทั้งในระดับกลางและระดับจุลภาค โดยวิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงลักษณะ (deformation) และรอยแตกของหินในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด เป็นต้น

2.5 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ผลการศึกษา มาอภิปรายในเรื่องลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตก, วิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอย และวิวัฒนาการการแปรสัณฐานของพื้นที่ศึกษา โดยวิเคราะห์ร่วมกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้สนับสนุนข้อมูลผลการศึกษาที่มีความสอดคล้องกันและสรุปผลการศึกษาจากผลการศึกษาทั้งหมด

2.6 นำเสนอในรูปแบบสัมมนาและจัดทำรูปเล่มรายงาน

นำข้อมูลทั้งหมดในงานวิจัยครั้งนี้ เช่นผลการศึกษา อภิปราย และสรุปผลการศึกษาไปนำเสนอในรูปแบบสัมมนา และจัดทำรูปเล่มรายงาน

บทที่ 3

เนื้อหาในบทนี้เป็นผลจากการสำรวจภาคสนาม (field observation) โดยได้ทำการเก็บข้อมูลในภาคสนาม และการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่งบริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง เพื่อนำมาตัดเป็นแผ่นหินขัดบาง สำหรับการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคของเขาดาราด บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง จังหวัดเพชรบูรณ์

3.1 ธรณีวิทยา (Geology)

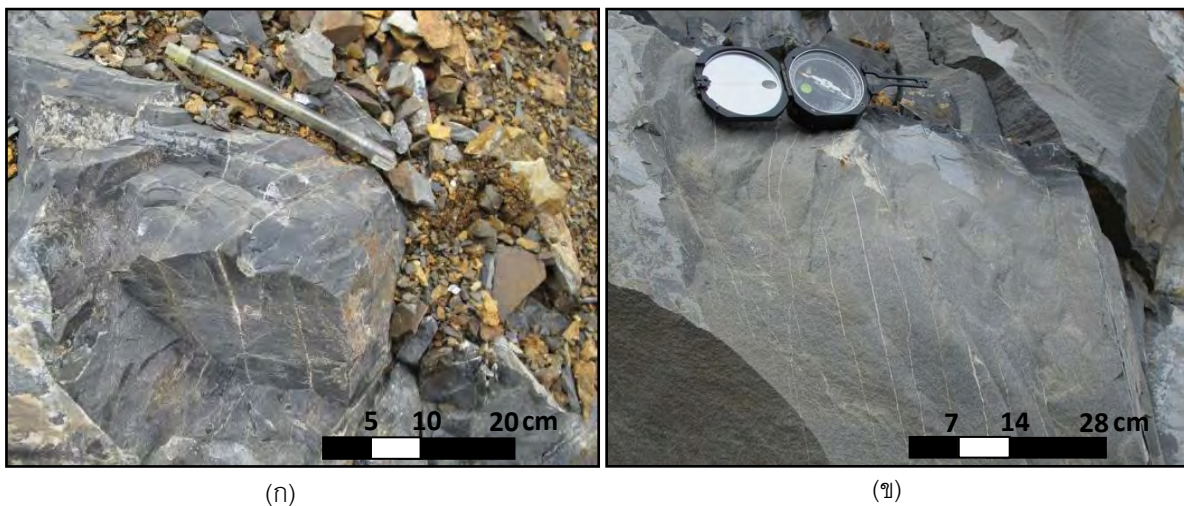
ธรณีวิทยาของเขาดาราด บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง จังหวัดเพชรบูรณ์ จัดอยู่ในแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนเนื้อประสมขนาดละเอียดมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลายและมีพื้นที่คาบเกี่ยวเป็นหินปูน (หินปูนเพอร์เมียน) บางส่วนอยู่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแนวสันเขา ซึ่งหินทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแบบแตกเปราะ เนื่องจากแรงที่มากกระทำในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) โดยสังเกตจากหลักฐานบนหินโผล่ เช่น รอยแตกและรอยเลื่อน (fault)

หินปูน (limestone)

หินปูนในพื้นที่คาบเกี่ยวทางด้านเหนือของแนวสันเขาที่พบมีลักษณะเป็นหินโผล่ขนาดใหญ่ เป็นหินปูนมีสีสดเป็นสีเทาและมีสีฝุ่นสีน้ำตาล อยู่ติดกับถนนทางขึ้นไปบริเวณสันของอ่างเก็บน้ำคลองลำกง มีค่าการวางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีความหนาของชั้นหิน (bed) ประมาณ 30-70 เซนติเมตร (รูป 3.1) มีสายแร่แคลไซต์แทรกตัดเข้ามาในหินปูน (calcite vein) โดยสายแร่แคลไซต์ตัดเข้ามาในหินปูนบางส่วน แสดงลักษณะที่มีการแทรกตัดเข้ามาเป็นระนาบ (รูป 3.2) นอกจากนี้ยังพบลักษณะการเลื่อนตัวของสายแร่ (รูป 3.3) และลักษณะของ En echelon joint ซึ่งแสดงการเฉือนแบบแตกเปราะ (brittle shear) (รูป 3.4) หินปูนนี้พบในบริเวณจุดศึกษาที่ 1



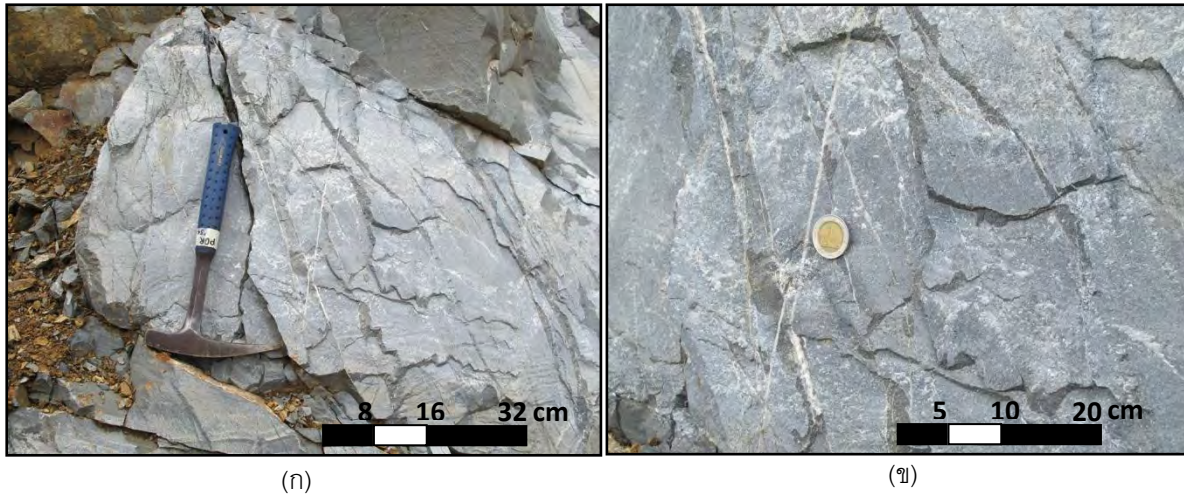
รูป 3.1 หินโผล่แสดงหินปูนมีสีสดเป็นสีเทาและมีสีฝุ่นเป็นสีน้ำตาล มีความหนาของชั้นหิน (bed) ประมาณ 50 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) บริเวณจุดศึกษาที่ 1



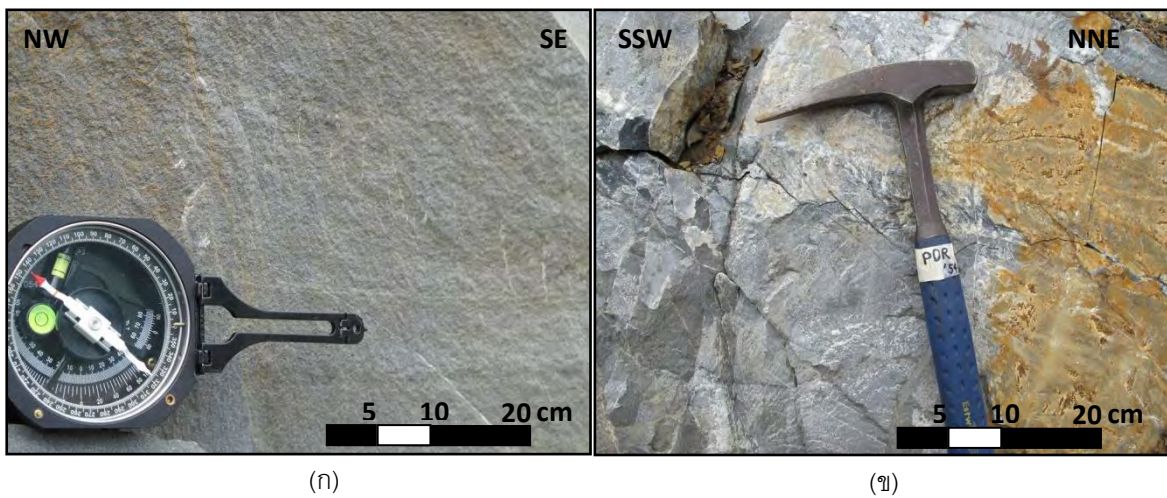
(ก)

(ข)

รูป 3.2 แสดงลักษณะที่มีการแทรกตัดสายแร่แคลไซต์เข้ามาในลักษณะที่เป็นระนาบ โดยมีขนาดของสายแร่แคลไซต์ประมาณ 0.5 เซนติเมตร (ก) และมีขนาดของสายแร่แคลไซต์ประมาณ 0.25 เซนติเมตร (ข) บริเวณจุดศึกษาที่ 1



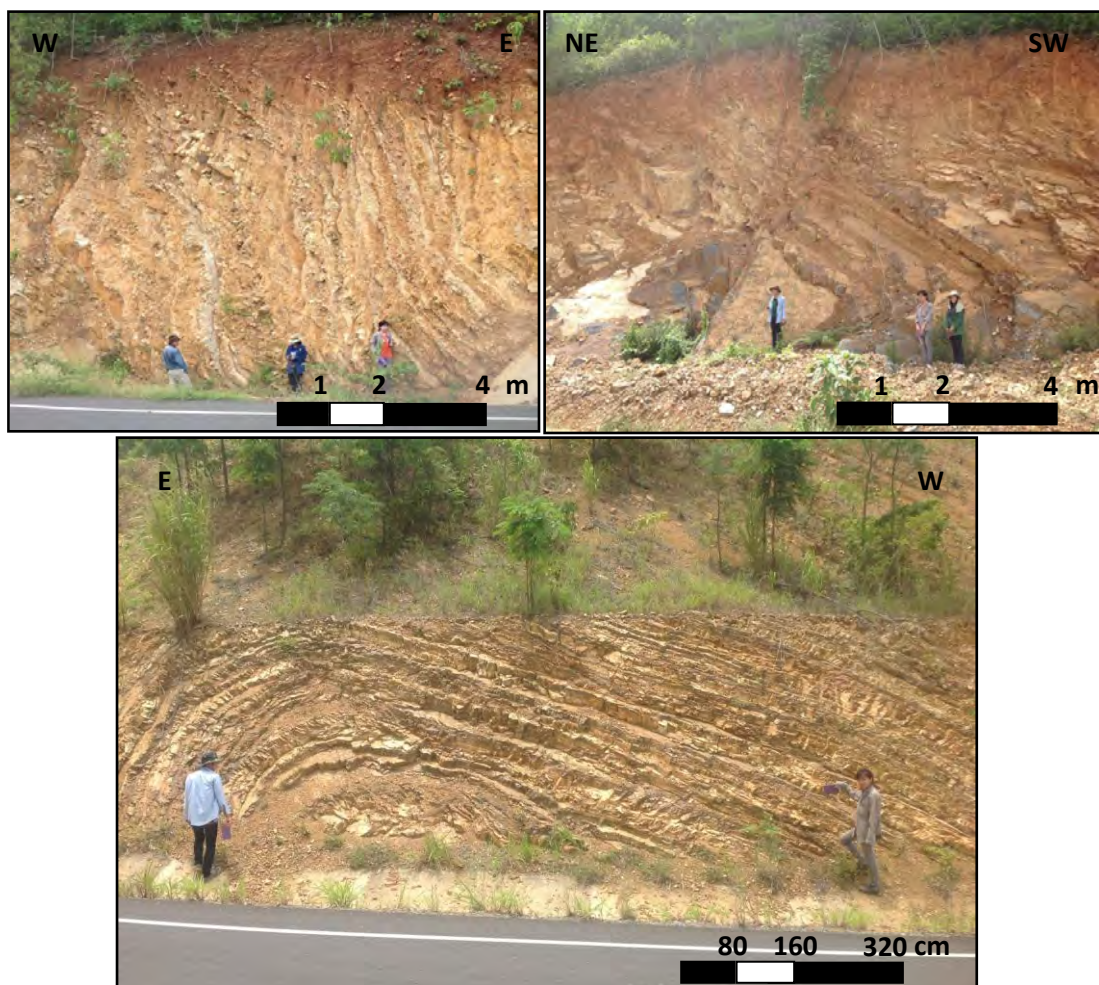
รูป 3.3 ลักษณะการเลือนตัวของสายแร่แคลไซต์ (calcite vein) ที่ตัดเข้ามาในหินปูน บริเวณจุดศึกษาที่ 1 ออกจากสายแร่เดิม ซึ่งควรจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงต่อกัน แสดงการเฉือนแบบแตกเปราะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา (dextral brittle shear) (ก) ภาพขยายจากรูป 3.2 ก (ข) บริเวณจุดศึกษาที่ 1



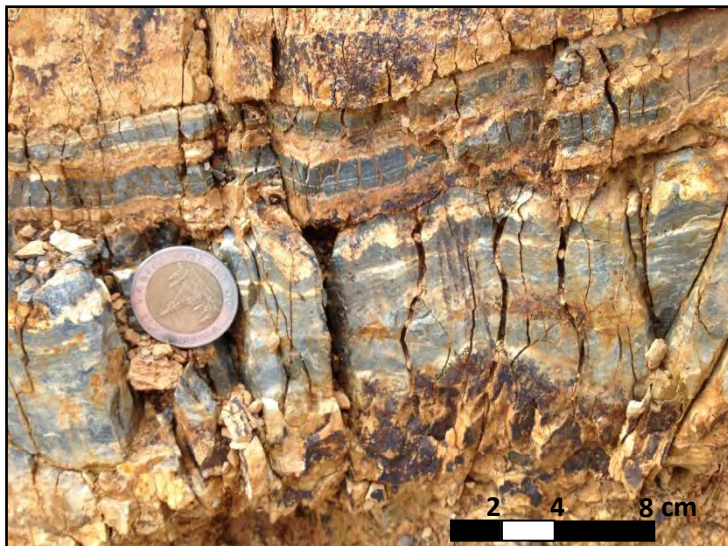
รูป 3.4 En echelon joint ของสายแร่แคลไซต์ แสดงการเฉือนแบบแตกเปราะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา (dextral brittle shear) ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) (ก) และลักษณะของ En echelon joint บนหินปูน แสดงการเฉือนแบบแตกเปราะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา (dextral brittle shear) ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) บริเวณจุดศึกษาที่ 1

หินตะกอนเนื้อประสมขนาดละเอียด (fine-grain clastic sedimentary rock)

หินตะกอนเนื้อประสมขนาดละเอียดที่พบประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน และหินโคลน ที่มีซิลิกาเป็นตัวเชื่อมประสาน มีสีสดเป็นสีเทาเขียว สีฝุ่นเป็นสีน้ำตาล มีค่าการวางตัวของชั้นหินส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 3.5) บางส่วนพบการแทรกสลับของหินตะกอนต่างชนิดกันและการไล่ระดับของขนาดเม็ดตะกอน (graded bedding) (รูป 3.6) นอกจากนี้ยังพบหินอัคนี (igneous rock) แทรกคั่นอยู่ในชั้นหินตะกอนเนื้อประสมขนาดละเอียดนี้ด้วย บริเวณจุดศึกษาที่ 13 (รูป 3.7) หินโผล่ในบางบริเวณพบมีลักษณะเป็นหินตะกอนภูเขาไฟ โดยหินตะกอนเนื้อประสมขนาดละเอียดพบในบริเวณจุดศึกษาที่ 2-24



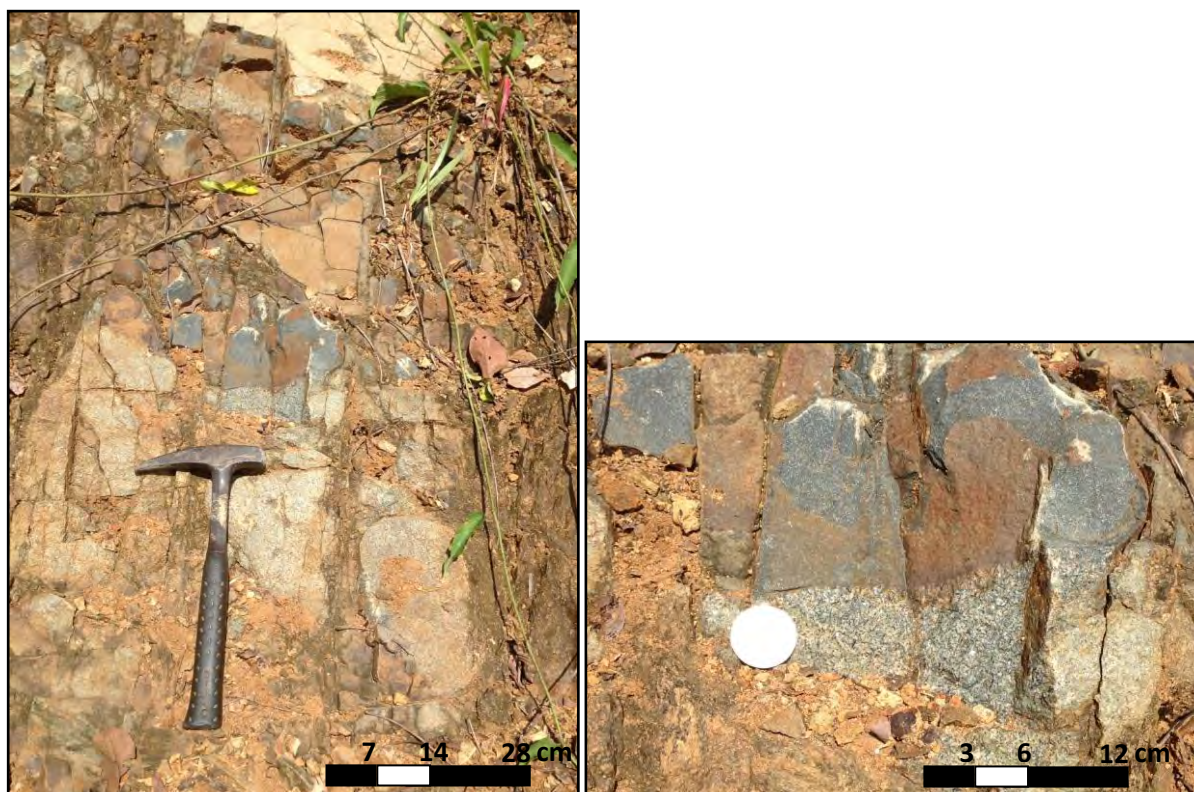
รูป 3.5 หินโผล่หินตะกอนเนื้อประสมขนาดละเอียดแสดงลักษณะเป็นชั้นหินคดโค้ง หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 15 (ก) และจุดศึกษาที่ 20 (ข) มีแนวการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ส่วนหินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 24 มีแนวการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) เป็นส่วนใหญ่ แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NW-SW) และแนวเหนือ-ใต้ (N-S) ในบางชั้นหิน (ค)



รูป 3.6 ภาพแสดงการแทรกสลัของหินตะกอนเนื้อประสม (ชั้นหินสีขาวยและชั้นหินสีเทา-ดำ) บริเวณจุดศึกษาที่ 12 และพบการไถ่ระดับของขนาดเม็ดตะกอนในบางชั้นหิน



รูป 3.7 En echelon joint แสดงการเฉือนแบบแตกเปราะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา (dextral brittle shear) ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) บริเวณจุดศึกษาที่ 7



(ก)

(ข)

รูป 3.8 ภาพแสดงลักษณะการแทรกดันของพนัก (dike) เข้ามาในหินทราย มีทิศทางการวางตัว $200^{\circ}/45^{\circ}$ NW (ก) พนักมีลักษณะเป็นหินอัคนี ตัดกันระหว่างหินอัคนีที่มีสีปานกลาง (intermediate igneous rock) กับหินอัคนีที่มีสีเข้ม (mafic igneous rock) (ข)

3.2 ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural Geology)

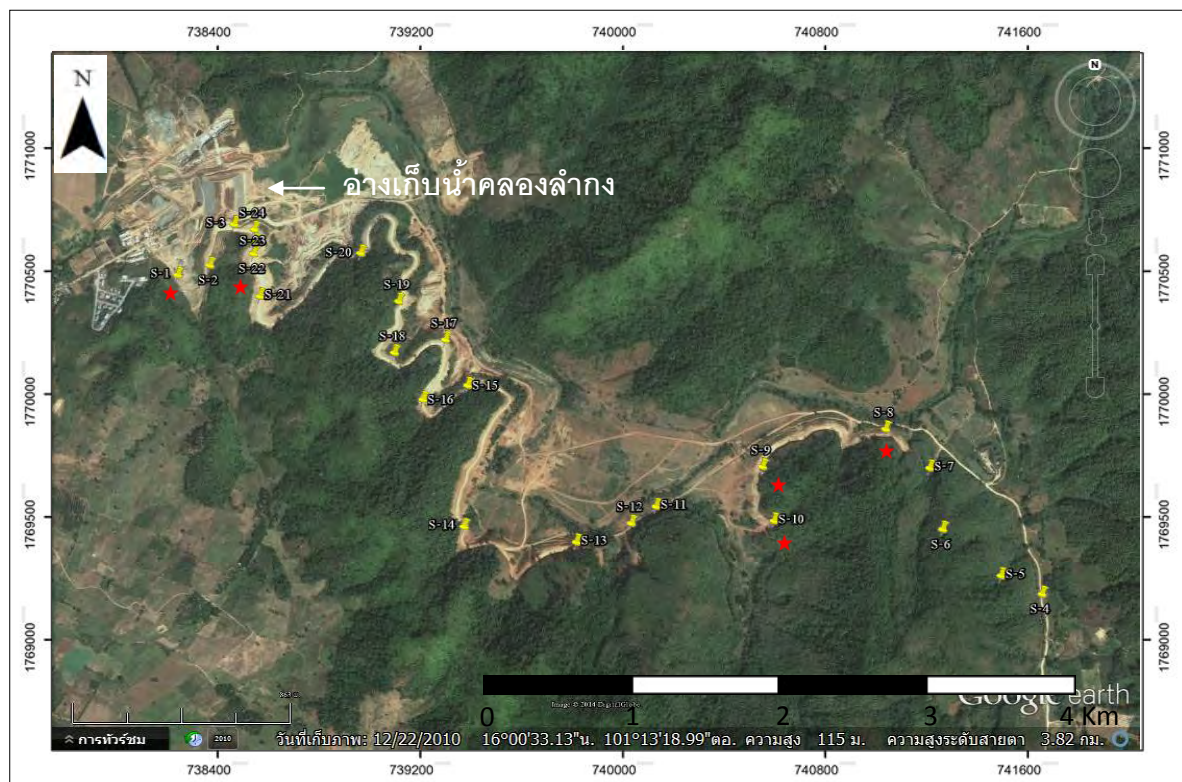
การวิเคราะห์แนวรอยแตกของเขาดาราด บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง จังหวัดเพชรบูรณ์แบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ ได้แก่

1. ระดับกลาง (mesoscopic scale) จากการสำรวจภาคสนาม
2. ระดับจุลภาค (microscopic scale) จากการศึกษาแผ่นหินขัดบางจากหินตัวอย่างระบุตำแหน่งเพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาค จากข้อมูลโครงสร้างต่างๆสามารถวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแนวสันเขาเป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงสภาพแบบแตกเปราะ (brittle deformation)

3.2.1 ระดับกลาง (mesoscopic scale)

ในการสำรวจภาคสนาม ได้ทำการเก็บข้อมูลในภาคสนามเป็นจำนวน 24 จุดศึกษา และได้เก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่งบริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง โดยเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 8 ตัวอย่างจาก 5 จุดศึกษา เพื่อนำมาตัดเป็นแผ่นหินขัดบาง สำหรับการศึกษารรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค

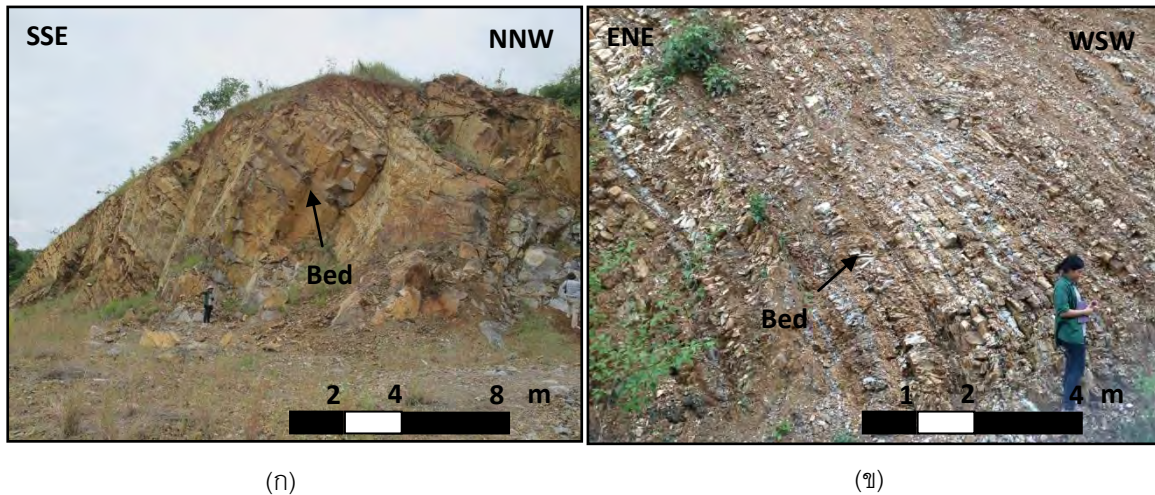
ข้อมูลพื้นที่จากการสำรวจภาคสนาม ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของหินโผล่ ข้อมูลการวางตัวของชั้นหิน (attitude of bedding) และรอยแตก รวมทั้งลักษณะโครงสร้างบ่งชี้อื่นๆที่พบในภาคสนาม ข้อมูลข้างต้นจะถูกนำไปกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเทอริโอกราฟฟิกและแผนภาพกุหลาบเพื่อวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้าง ซึ่งจะนำมาใช้ศึกษารอยแตกและตีความวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างแนวรอยแตกของเขาดาวลาด จังหวัดเพชรบูรณ์



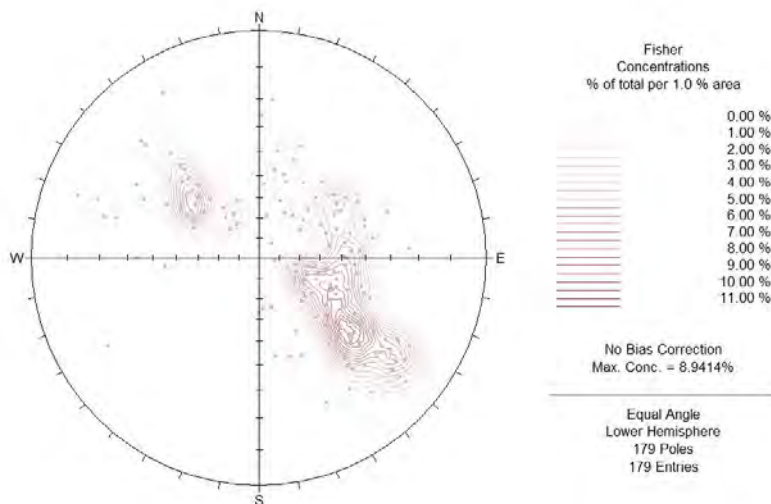
รูป 3.9 ภาพดาวเทียมแสดงจุดศึกษาทั้งหมด จำนวน 24 จุดศึกษา (ลูกศรสีเหลือง) และจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 5 จุดศึกษา (ดาวสีแดง) จำนวนทั้งสิ้น 8 ตัวอย่าง แบ่งเป็นจุดศึกษาที่ 1 จำนวน 2 ตัวอย่าง, จุดศึกษาที่ 8 จำนวน 1 ตัวอย่าง, จุดศึกษาที่ 9 จำนวน 1 ตัวอย่าง, จุดศึกษาที่ 10 จำนวน 2 ตัวอย่างและจุดศึกษาที่ 22 จำนวน 2 ตัวอย่าง

3.2.1.1 ข้อมูลการวางตัวของชั้นหิน (attitude of bedding)

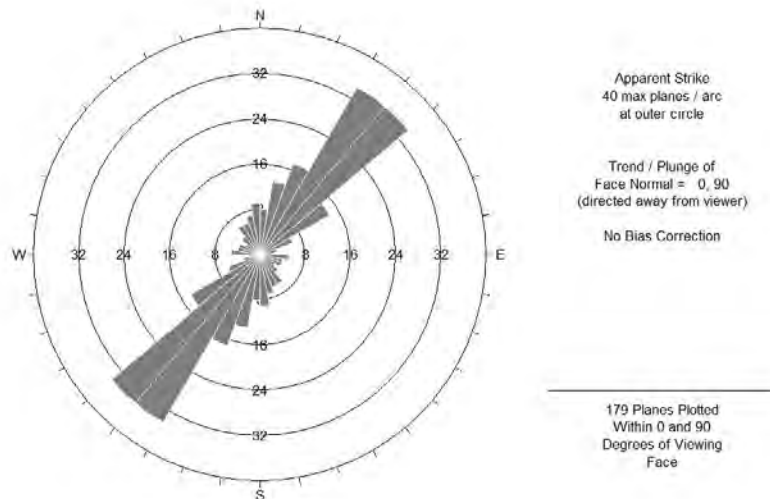
หินโผล่บริเวณพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีแนวการวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 3.10) และมีการกระจายตัวของ pole (รูป 3.11) และความหนาแน่นกระจายตัวของ การวางตัวของชั้นหินในพื้นที่ศึกษา (รูป 3.12) อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) เช่นเดียวกัน



รูป 3.10 หินโผล่ที่เป็นหินปูน บริเวณจุดศึกษาที่ 1 (ก) และหินโผล่ที่เป็นหินโคลนแทรกสลับกับหินทราย บริเวณจุดศึกษาที่ 11 (ข) มีแนวการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)



รูป 3.11 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าการวางตัวของชั้นหินในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนต่ายามิติสเตอร์ไอ กราฟฟิก จำนวน 179 ข้อมูล แสดงการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)



รูป 3.12 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าการวางตัวของชั้นหินในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกู่หลาบ จำนวน 179 ข้อมูล แสดงการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)

3.2.1.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะ (brittle deformation)

1) โครงสร้างรอยแตก (fracture)

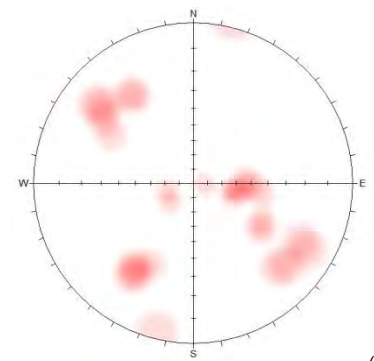
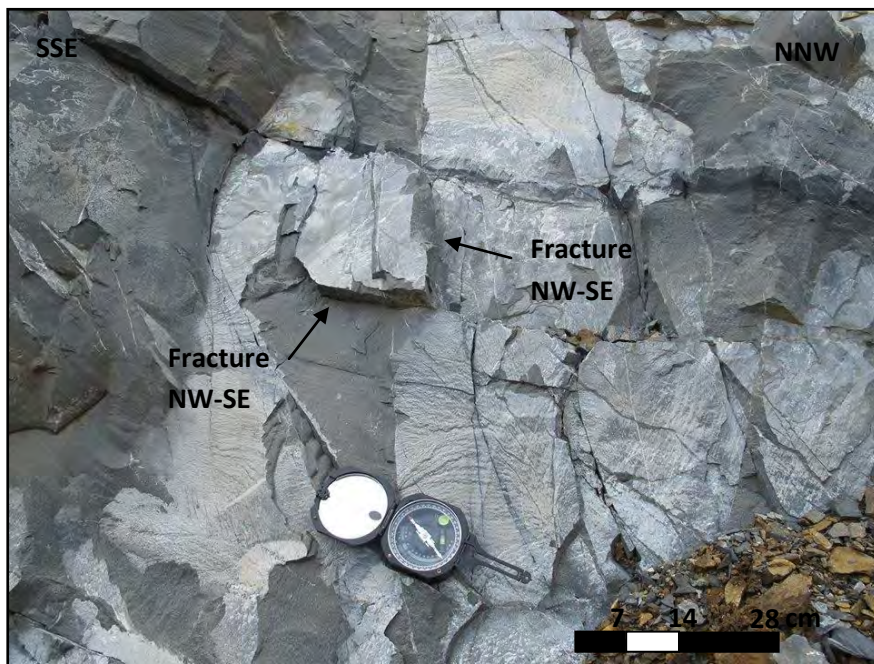
จากการสำรวจภาคพบว่าหินในพื้นที่ศึกษาส่วนมากมีการตอบสนองต่อแรงโดยแสดงออกมาอย่างชัดเจนในลักษณะของรอยแตกที่ตั้งฉาก (orthogonal fracture) ซึ่งมีอยู่ 3 แนวที่โดดเด่นอย่างเห็นได้ชัดคือ แนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) และพบรอยแตกมุมสูง (high angle fracture) ซึ่งส่วนใหญ่วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) โดยจะแสดงในแต่ละจุดศึกษา ดังนี้

จุดศึกษาที่ 1

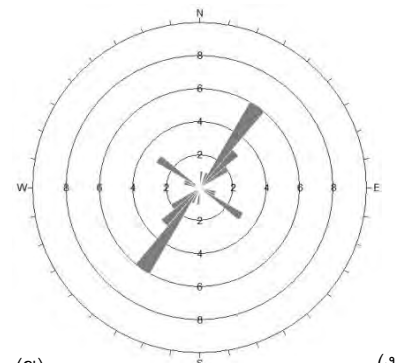
จุดศึกษาที่ 1 อยู่ทางตะวันตกของพื้นที่ศึกษาและอยู่ทางใต้ของอ่างเก็บน้ำคลองลำกง หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินปูนที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 50 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 45 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 3.13)



(ก)



(ค)



(ข)

(ง)

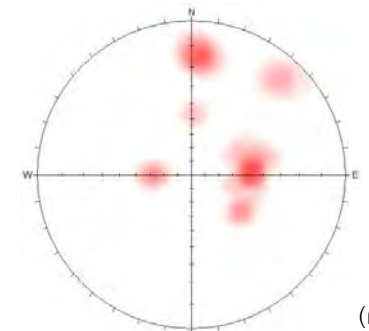
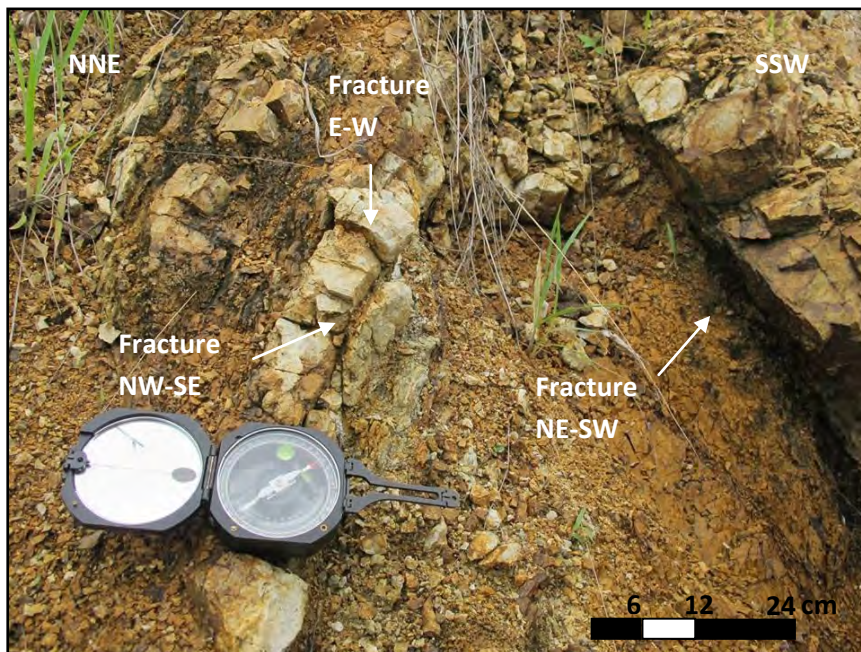
รูป 3.13 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 1 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 1 ลงบนตาข่ายมิตสเตอร์ไอกร้าฟฟิก จำนวน 26 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่หลาบ จำนวน 18 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 2

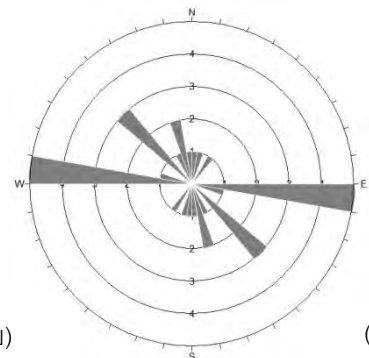
จุดศึกษาที่ 2 อยู่ห่างจากจุดที่ 1 ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 500 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 10-20 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวเหนือ-ใต้ (N-S) มีมุมเอียงเทประมาณ 40 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) และแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) (รูป 3.14)



(ก)



(ค)



(ข)

(ง)

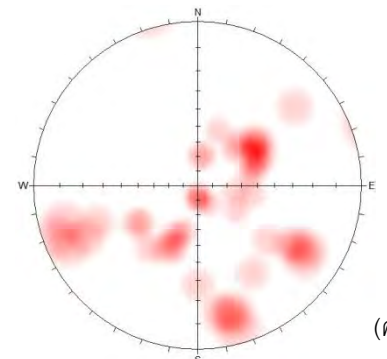
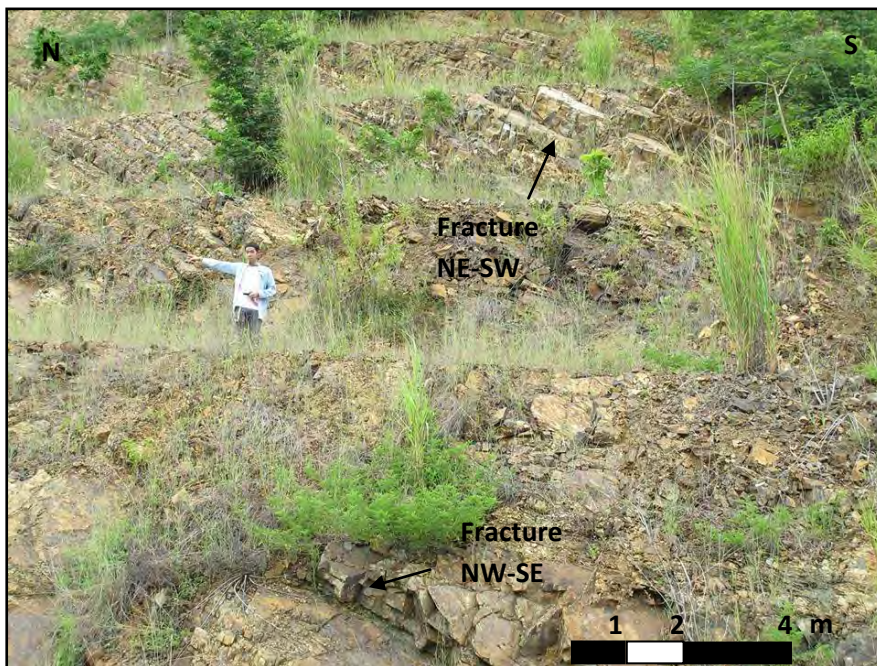
รูป 3.14 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 2 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 2 ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกราฟฟิก จำนวน 35 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่ลาบ จำนวน 16 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 3

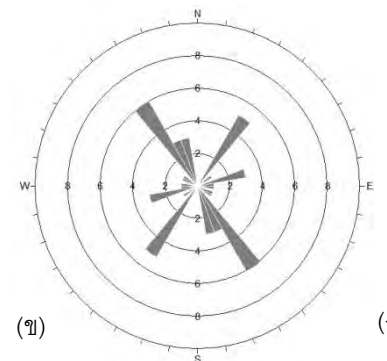
จุดศึกษาที่ 3 อยู่ห่างจากจุดที่ 2 ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 200 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายแป้งที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 30-60 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 40-50 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 3.15)



(ก)



(ค)



(ข)

(ง)

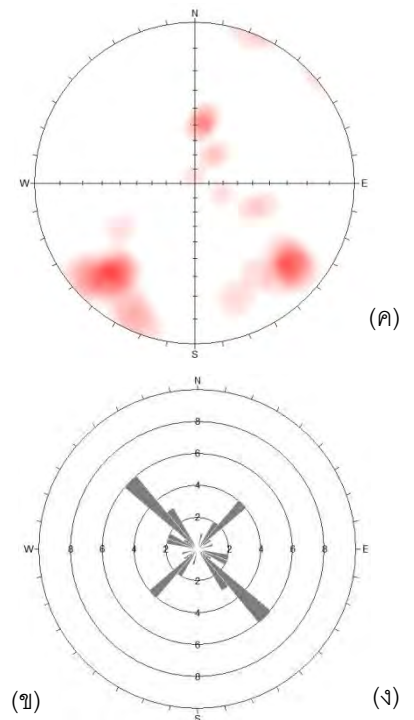
รูป 3.15 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 3 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 3 ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟฟิก จำนวน 45 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่หลาบ จำนวน 25 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 4

จุดศึกษาที่ 4 อยู่ห่างจากจุดที่ 3 ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 7 กิโลเมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 10-20 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 60 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 3.16)



(ก)



(ค)

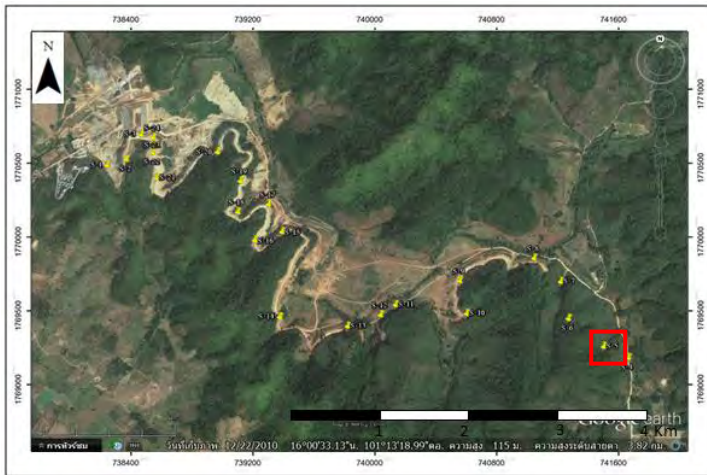
(ข)

(ง)

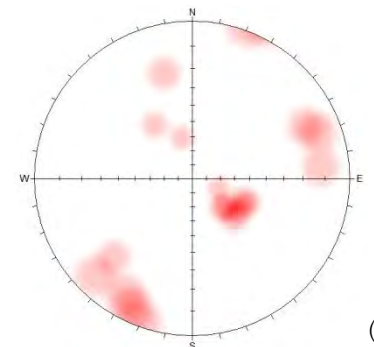
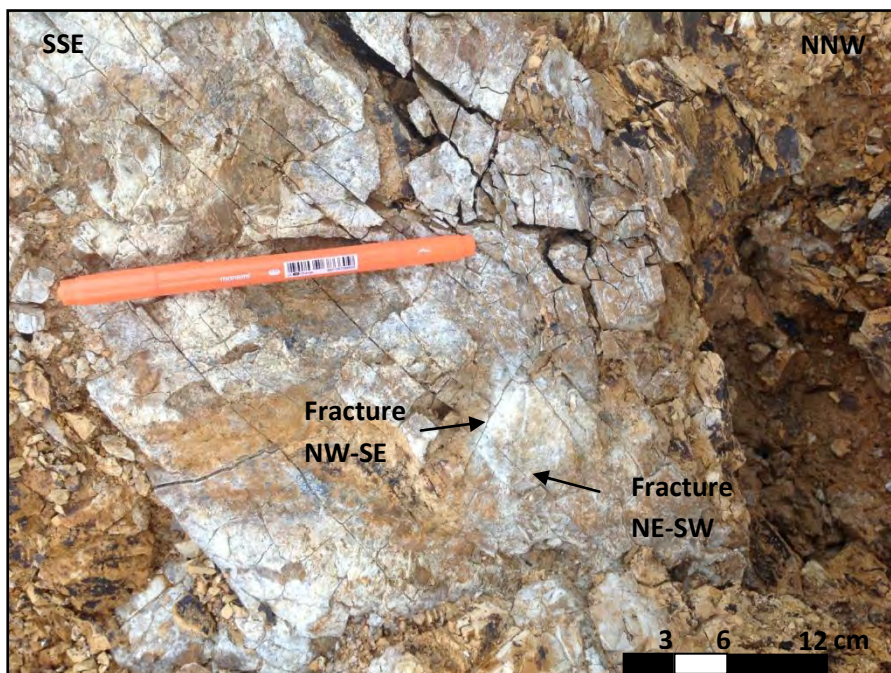
รูป 3.16 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 4 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 4 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 30 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่หลาบ จำนวน 23 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 5

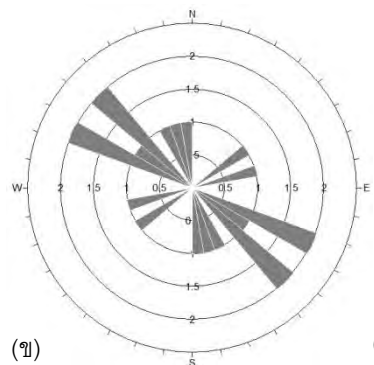
จุดศึกษาที่ 5 อยู่ห่างจากจุดที่ 4 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 160 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 20 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 30 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 3.17)



(ก)



(ค)



(ข)

(ง)

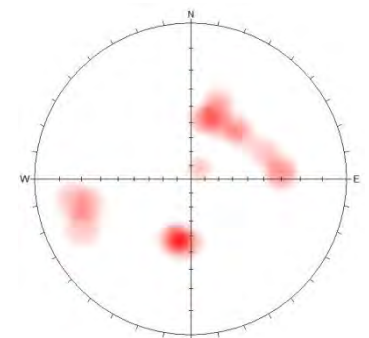
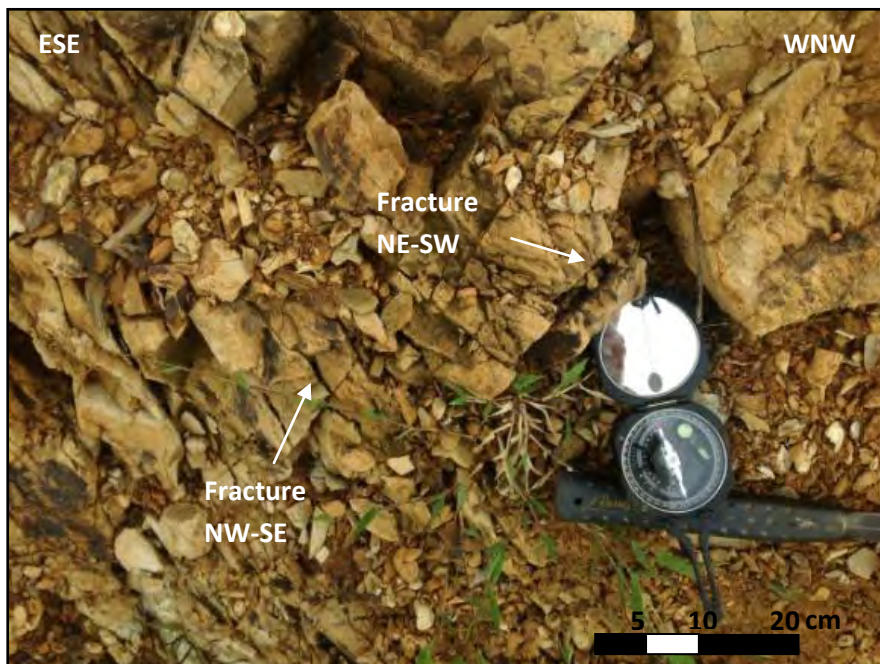
รูป 3.17 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 5 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 5 ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟฟิก จำนวน 18 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่หลาบ จำนวน 10 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 6

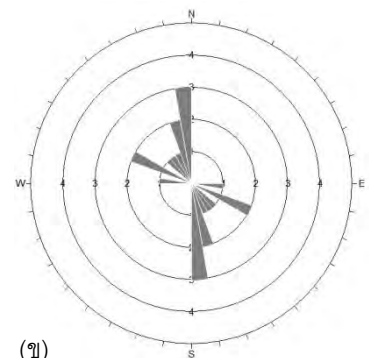
จุดศึกษาที่ 6 อยู่ห่างจากจุดที่ 5 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 300 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 10-30 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) มีมุมเอียงเทประมาณ 40 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวเหนือ-ใต้ (N-S) (รูป 3.18)



(ก)



(ค)



(ข)

(ง)

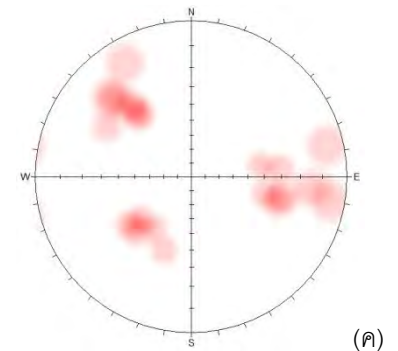
รูป 3.18 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 6 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวเหนือ-ใต้ (N-S) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 6 ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์โวกราฟฟิก จำนวน 19 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่หลาบ จำนวน 11 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 7

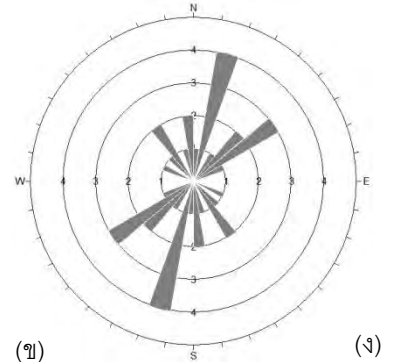
จุดศึกษาที่ 7 อยู่ห่างจากจุดที่ 6 ไปทางทิศเหนือประมาณ 200 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษา นี้เป็นหินทรายแป้งที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 15 เซนติเมตร แทรกสลับกับหินโคลนที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 10 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 55-60 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวเหนือ-ใต้ (N-S) (รูป 3.19)



(ก)



(ค)



(ข)

(ง)

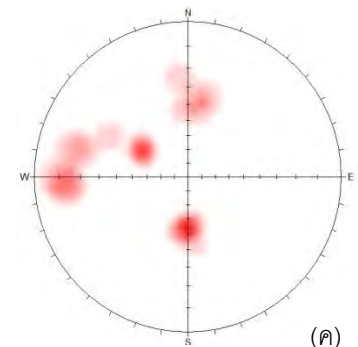
รูป 3.19 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 7 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 7 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 20 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 19 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 8

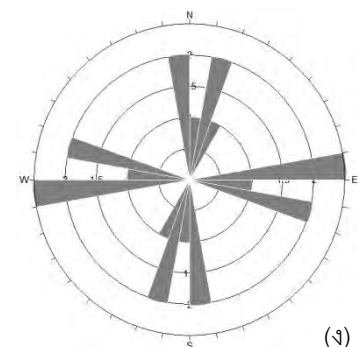
จุดศึกษาที่ 8 อยู่ห่างจากจุดที่ 7 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 200 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายแป้งที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 20-25 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 40 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) ไปจนถึงแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตก (E-W) ไปจนถึงแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) (รูป 3.20)



(ก)



(ค)



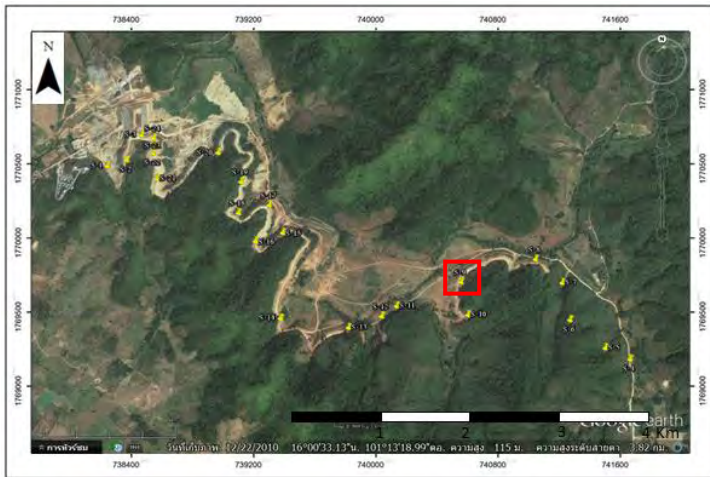
(ข)

(ง)

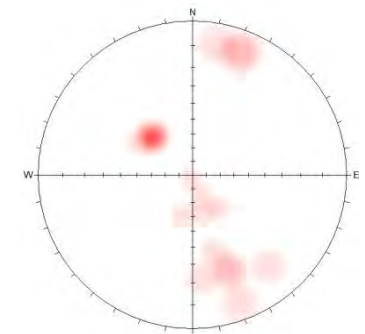
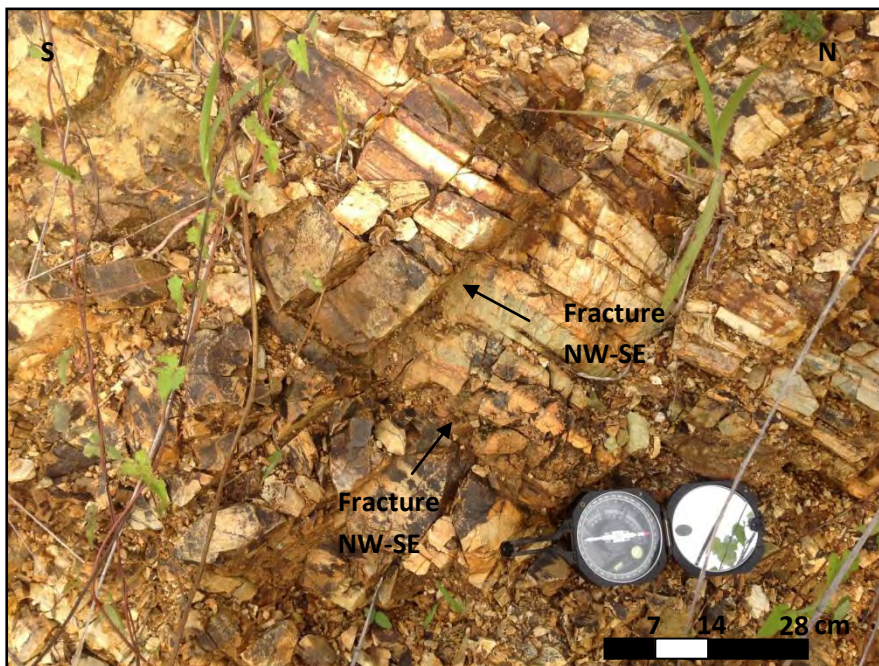
รูป 3.20 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 8 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกซึ่งอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 8 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 21 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 12 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 9

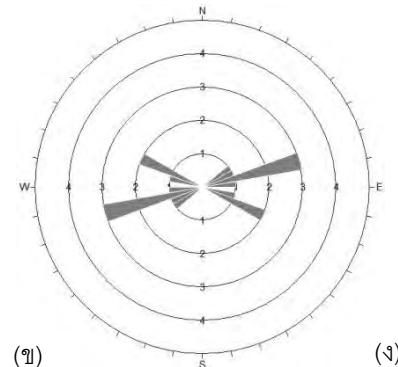
จุดศึกษาที่ 9 อยู่ห่างจากจุดที่ 8 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 500 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 10-20 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 40 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 3.21)



(ก)



(ค)



(ข)

(ง)

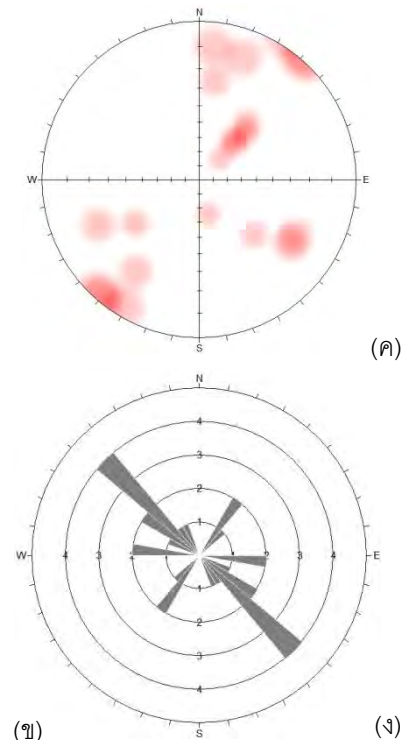
รูป 3.21 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 9 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 9 ลงบนตาข่ายมิตสเตอร์ไอกร้าฟฟิก จำนวน 20 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่หลาบ จำนวน 9 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 10

จุดศึกษาที่ 10 อยู่ห่างจากจุดที่ 9 ไปทางทิศใต้ประมาณ 250 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินโคลนที่มีซิลิกาเป็นตัวเชื่อมประสาน มีความหนาของชั้นหินประมาณ 5-10 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 50 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 3.22)



(ก)



(ค)

(ข)

(ง)

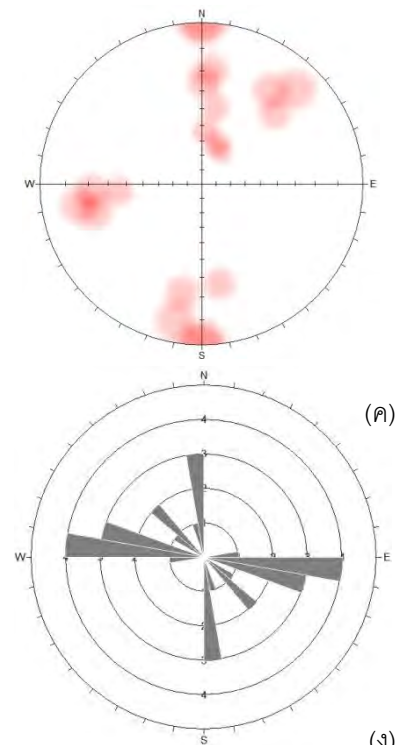
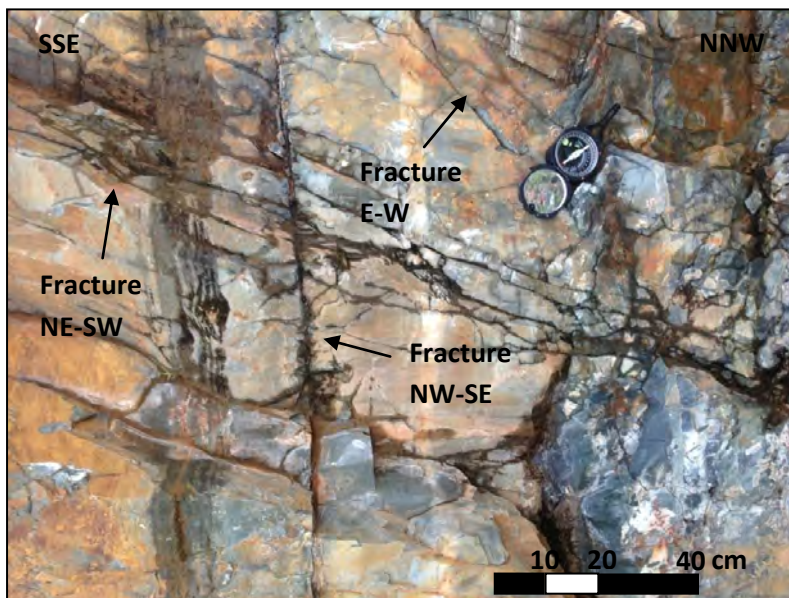
รูป 3.22 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 10 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 10 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 18 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 14 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 11

จุดศึกษาที่ 11 อยู่ห่างจากจุดที่ 10 ไปทางทิศตะวันตกประมาณ 450 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินโคลนที่มีซิลิกาเป็นตัวเชื่อมประสาน มีความหนาของชั้นหินประมาณ 50-150 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) มีมุมเอียงเทประมาณ 40 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 3.23) และยังพบหินบางส่วนมีลักษณะเป็นหินตะกอนภูเขาไฟ



(ก)



(ข)

(ง)

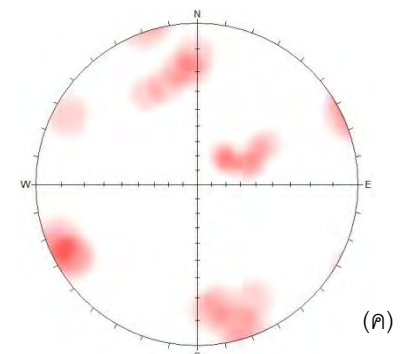
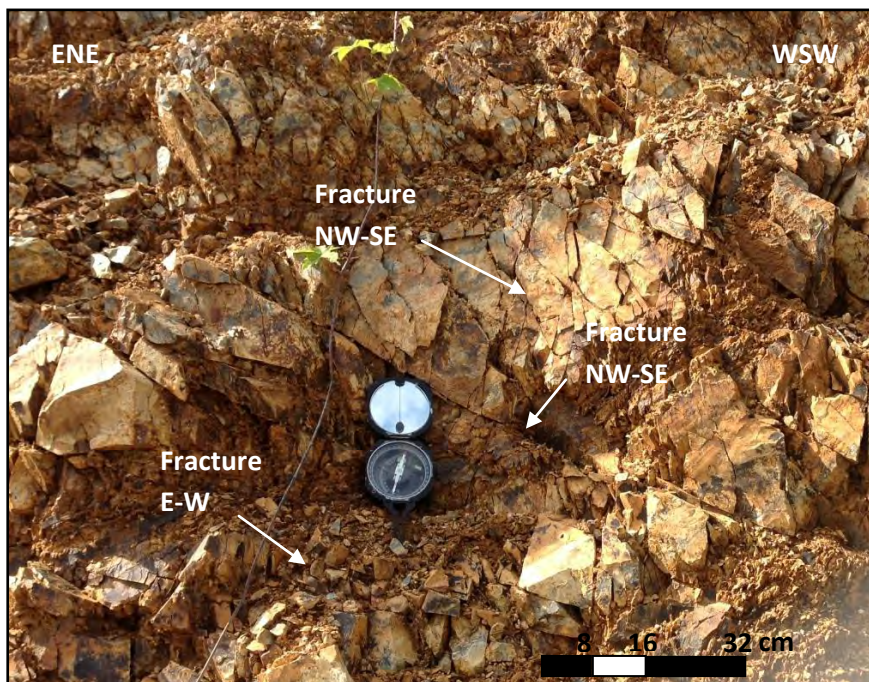
รูป 3.23 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 11 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวเหนือ-ใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 11 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 18 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 15 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 12

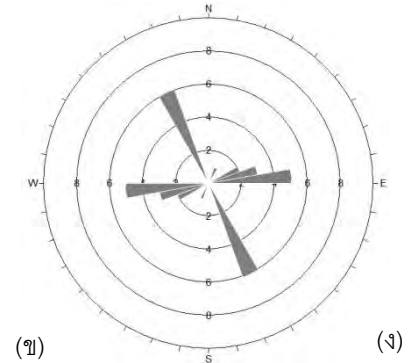
จุดศึกษาที่ 12 อยู่ห่างจากจุดที่ 11 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 100 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 30 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) มีมุมเอียงเทประมาณ 30 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 3.24)



(ก)



(ค)



(ง)

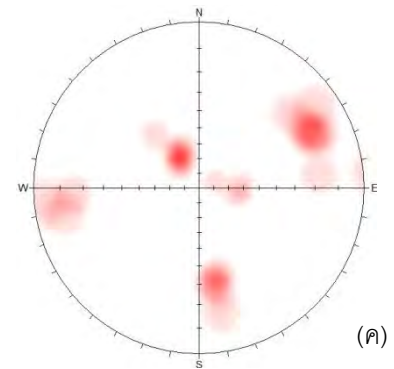
รูป 3.24 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 12 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 12 ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกรรภาพิก จำนวน 22 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 17 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 13

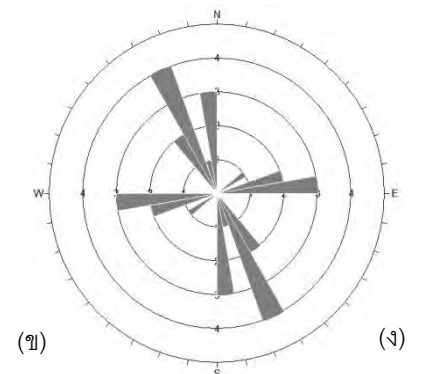
จุดศึกษาที่ 13 อยู่ห่างจากจุดที่ 12 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 250 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 20-50 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 30 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 3.25)



(ก)



(ค)



(ข)

(ง)

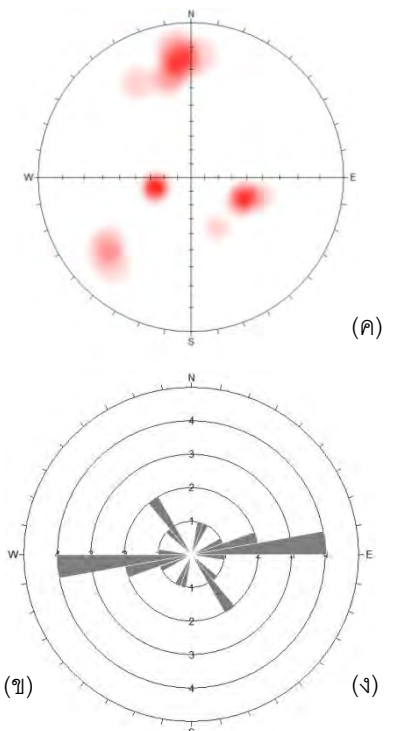
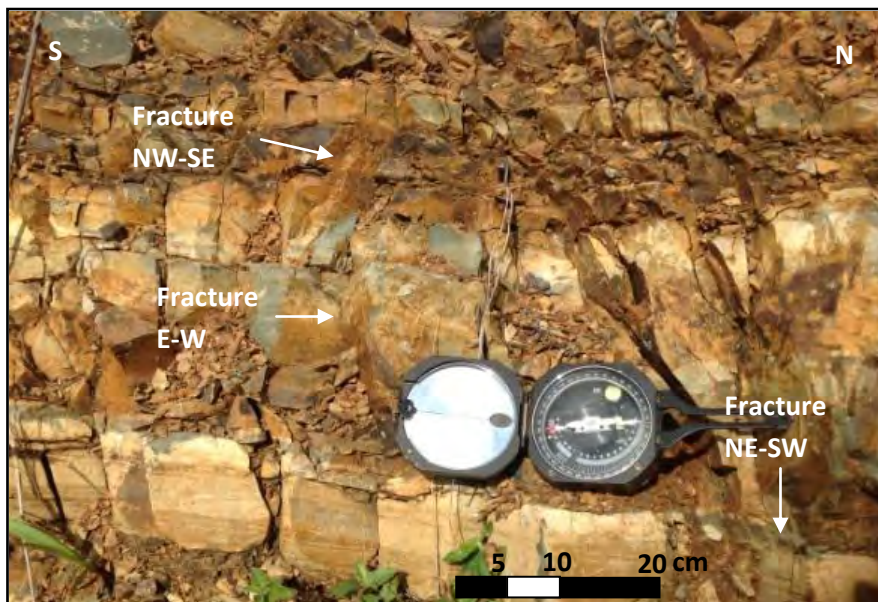
รูป 3.25 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 13 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 13 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 25 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 16 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 14

จุดศึกษาที่ 14 อยู่ห่างจากจุดที่ 13 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 450 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 30 เซนติเมตร แทรกสลับหินโคลนที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 10 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 40 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 3.26)



(ก)



(ค)

(ข)

(ง)

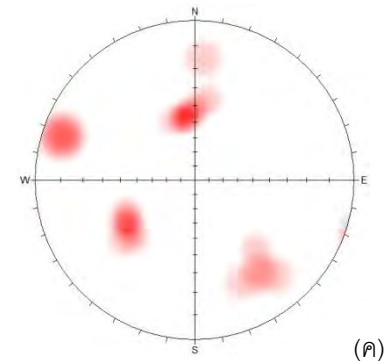
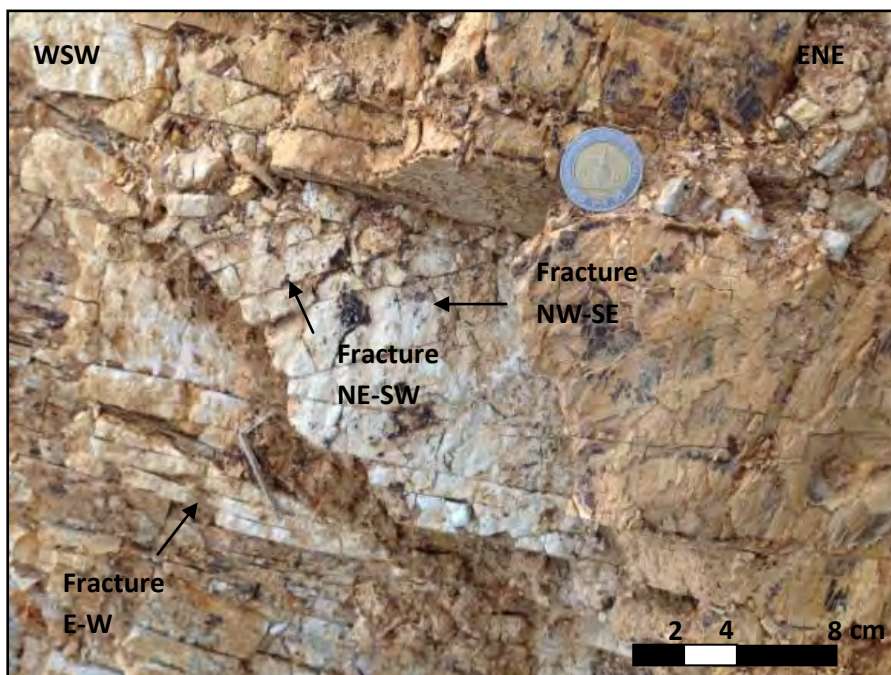
รูป 3.26 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 14 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 14 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 23 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่หลาบ จำนวน 13 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 15

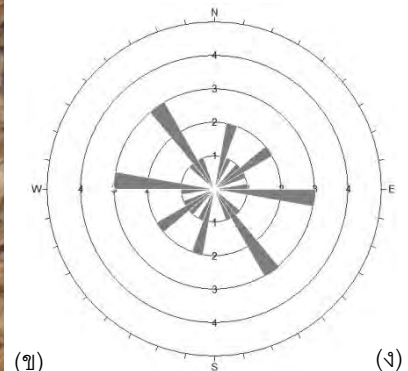
จุดศึกษาที่ 15 อยู่ห่างจากจุดที่ 14 ไปทางทิศเหนือประมาณ 550 เมตร หินผุที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 30-50 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 70 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 3.27)



(ก)



(ค)



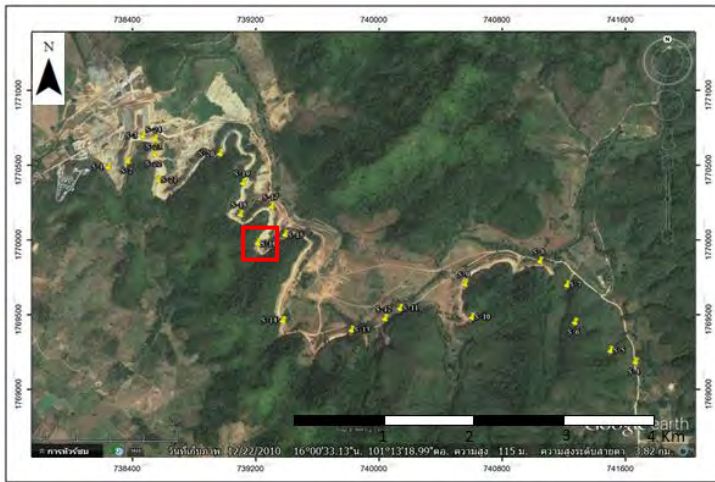
(ข)

(ง)

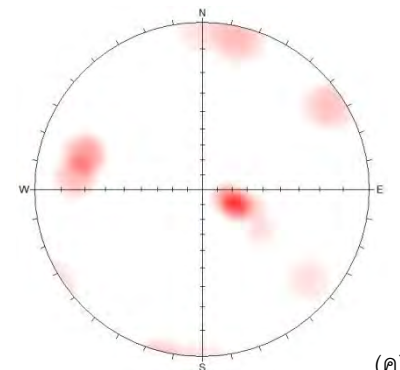
รูป 3.27 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 15 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 15 ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกรัฟฟิก จำนวน 19 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 16 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 16

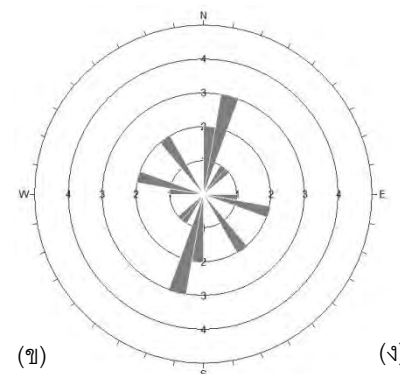
จุดศึกษาที่ 16 อยู่ห่างจากจุดที่ 15 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 180 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินโคลนที่มีซิลิกาเป็นตัวเชื่อมประสาน มีความหนาของชั้นหินประมาณ 30 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 25 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 3.28)



(ก)



(ค)



(ข)

(ง)

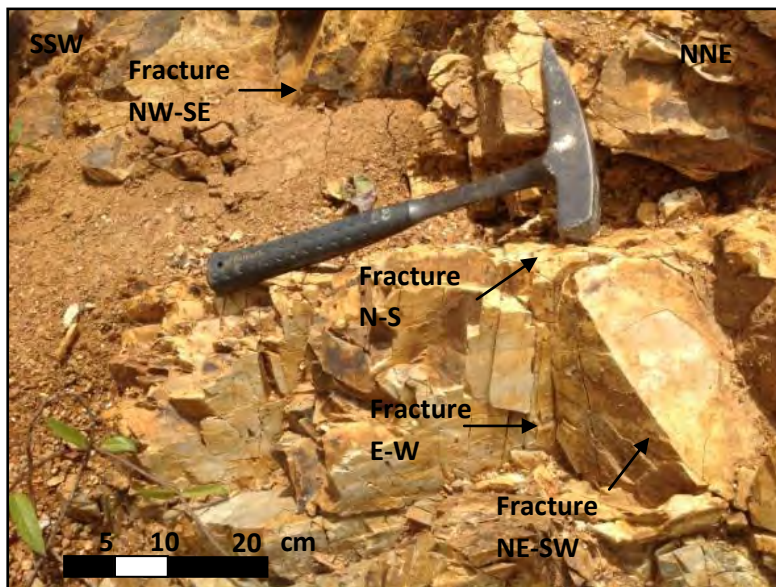
รูป 3.28 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 16 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 16 ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกรรฟฟิก จำนวน 21 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่หลาบ จำนวน 12 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 17

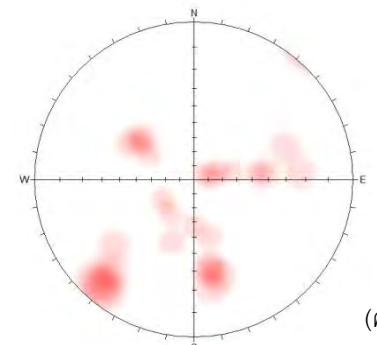
จุดศึกษาที่ 17 อยู่ห่างจากจุดที่ 16 ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 260 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินโคลนและหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 20-40 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 45 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 3.29)



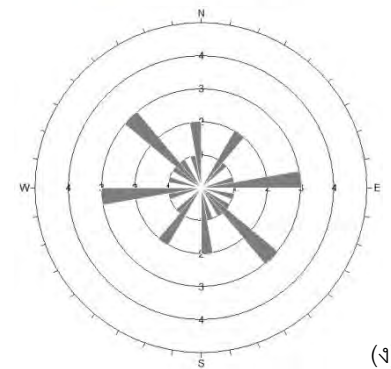
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

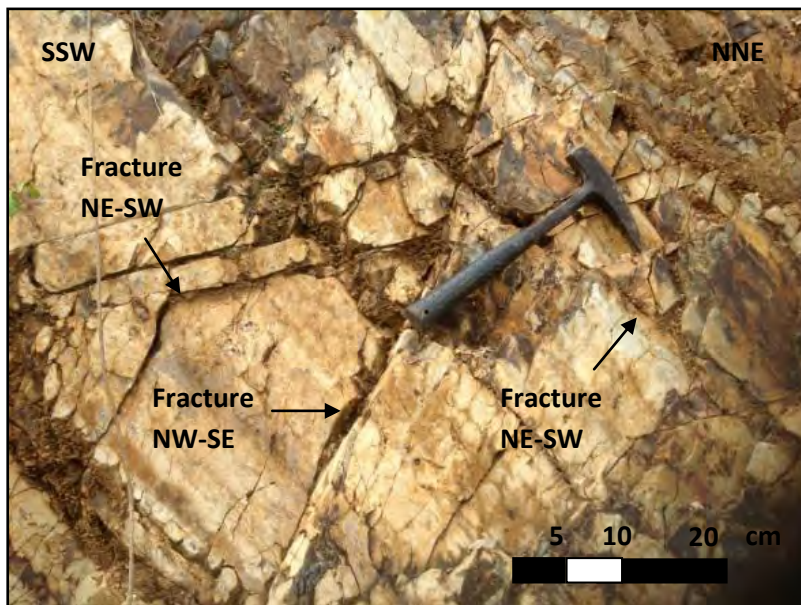
รูป 3.29 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 17 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวเหนือ-ใต้ (N-S) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 17 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 26 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 16 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 18

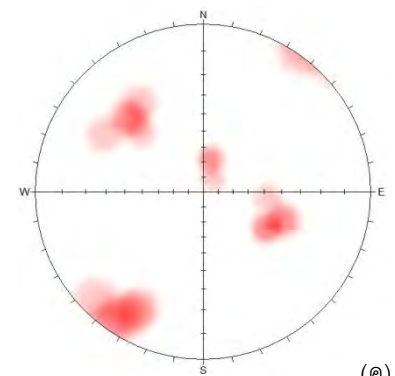
จุดศึกษาที่ 18 อยู่ห่างจากจุดที่ 17 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 200 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 80 เซนติเมตร แทรกสลับหินโคลนที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 30 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 50 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 3.30)



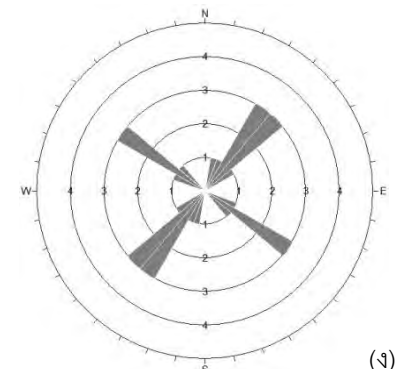
(ก)



(ข)



(ค)

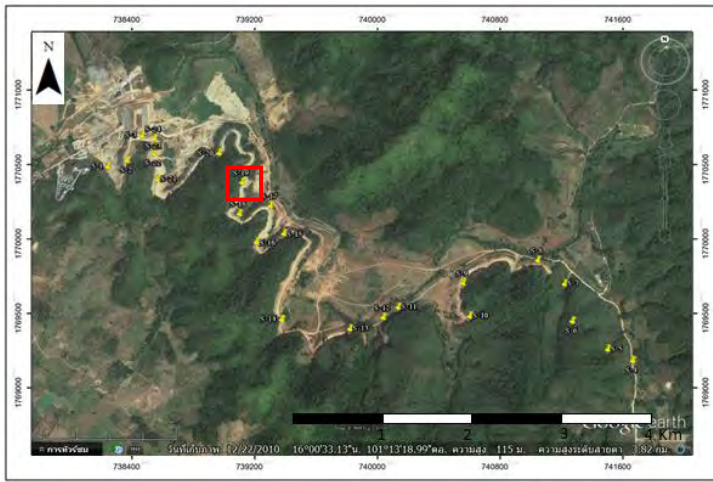


(ง)

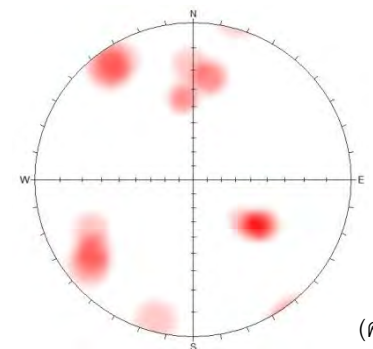
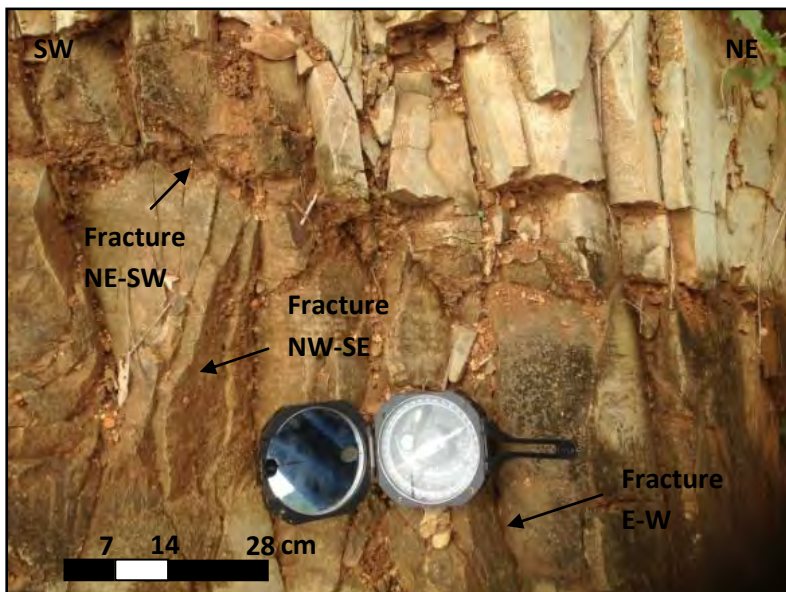
รูป 3.30 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 18 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 18 ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟฟิก จำนวน 18 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่หลาบ จำนวน 14 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 19

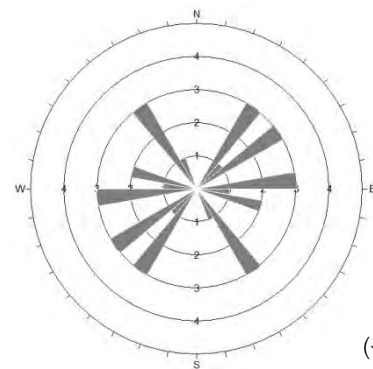
จุดศึกษาที่ 19 อยู่ห่างจากจุดที่ 18 ไปทางทิศเหนือประมาณ 200 เมตร หินใฝ่ล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินโคลนที่มีซิลิกาเป็นตัวเชื่อมประสาน มีความหนาของชั้นหินประมาณ 50 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 50 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 3.31)



(ก)



(ค)



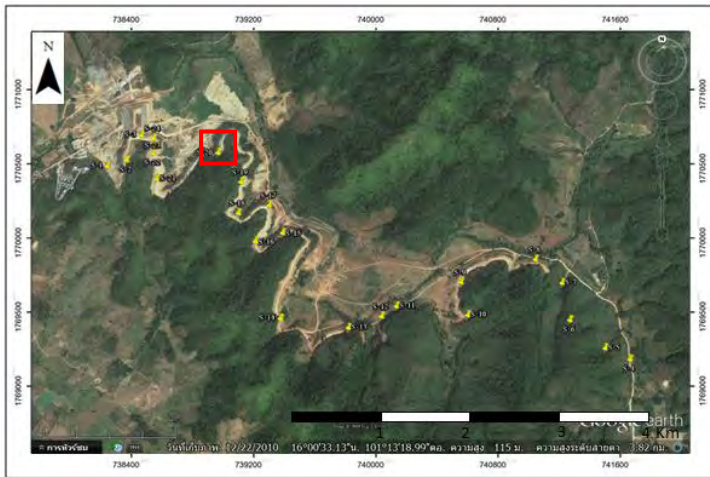
(ข)

(ง)

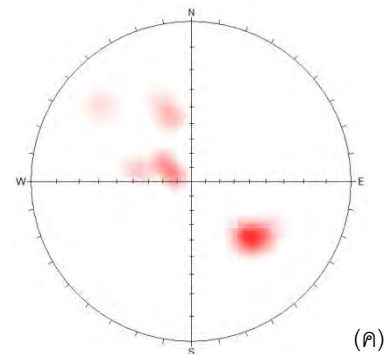
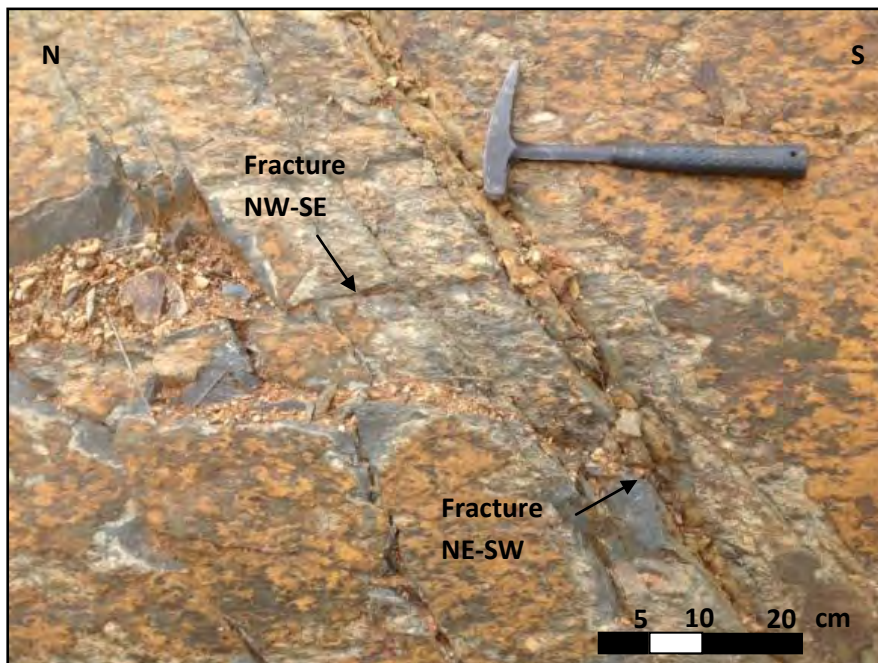
รูป 3.31 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 19 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 19 ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์อิกรัฟฟิค จำนวน 18 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่หลาบ จำนวน 17 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 20

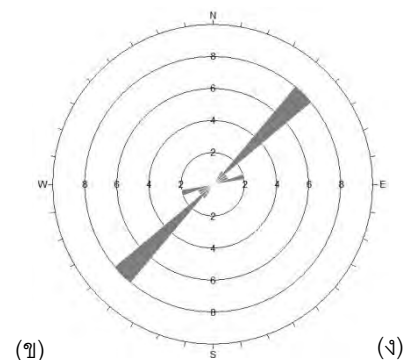
จุดศึกษาที่ 20 อยู่ห่างจากจุดที่ 19 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 250 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินโคลนที่มีซิลิกาเป็นตัวเชื่อมประสาน มีความหนาของชั้นหินประมาณ 50-80 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 55 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 3.32)



(ก)



(ค)



(ข)

(ง)

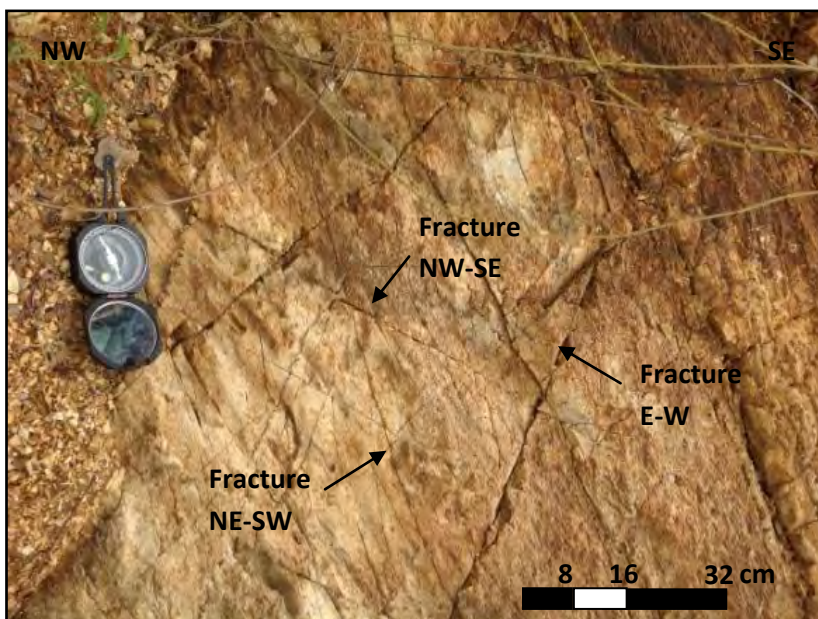
รูป 3.32 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 20 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 20 ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟฟิก จำนวน 21 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่หลาบ จำนวน 13 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 21

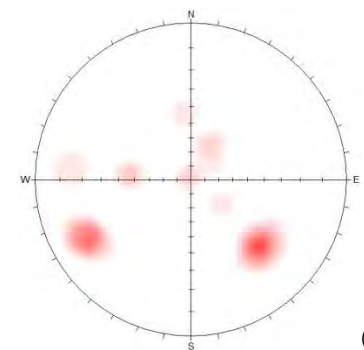
จุดศึกษาที่ 21 อยู่ห่างจากจุดที่ 20 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 400 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 30 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 60 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 3.33)



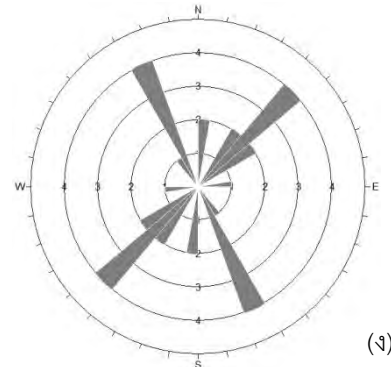
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

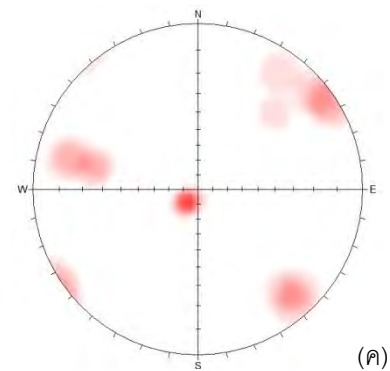
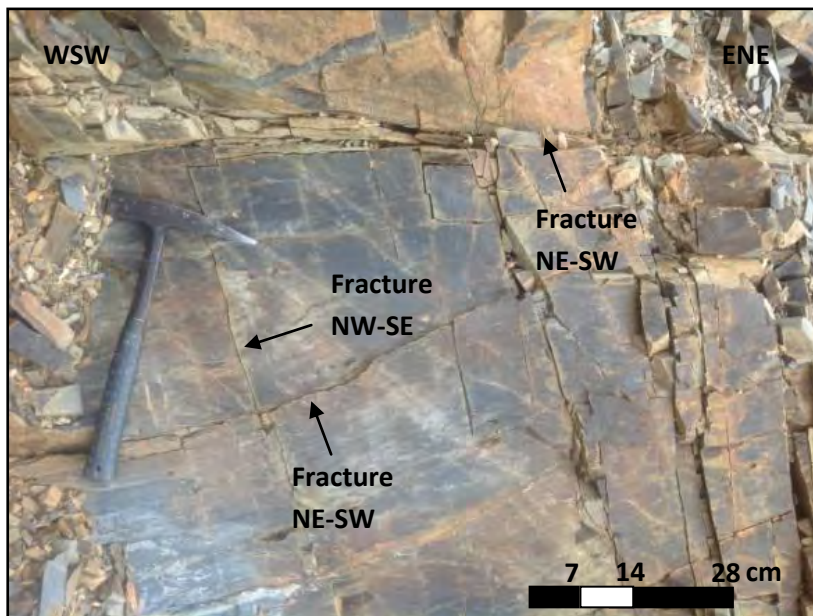
รูป 3.33 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 21 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 21 ลงบนตาข่ายมิตติเตอร์ไอ กราฟฟิก จำนวน 23 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 16 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 22

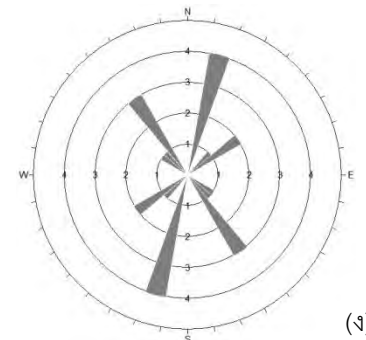
จุดศึกษาที่ 22 อยู่ห่างจากจุดที่ 21 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 200 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินดินดานที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 10-15 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 65-70 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 3.34)



(ก)



(ค)



(ข)

(ง)

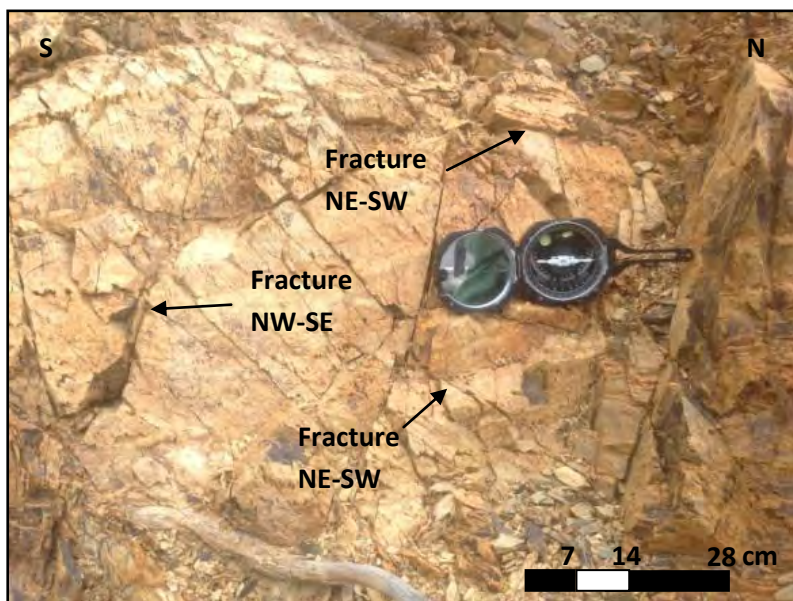
รูป 3.34 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 22 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 22 ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟฟิก จำนวน 17 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกู่ลาบ จำนวน 12 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 23

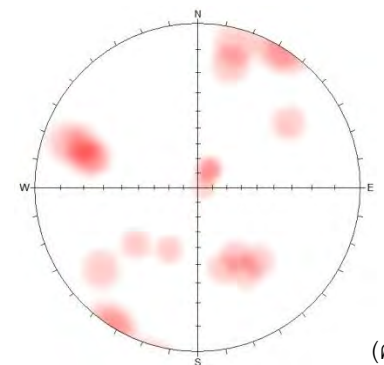
จุดศึกษาที่ 23 อยู่ห่างจากจุดที่ 22 ไปทางทิศเหนือประมาณ 50 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษานี้เป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 30 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 75 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 3.35)



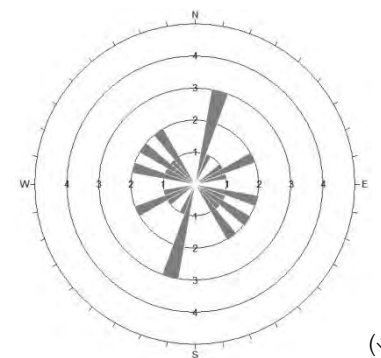
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

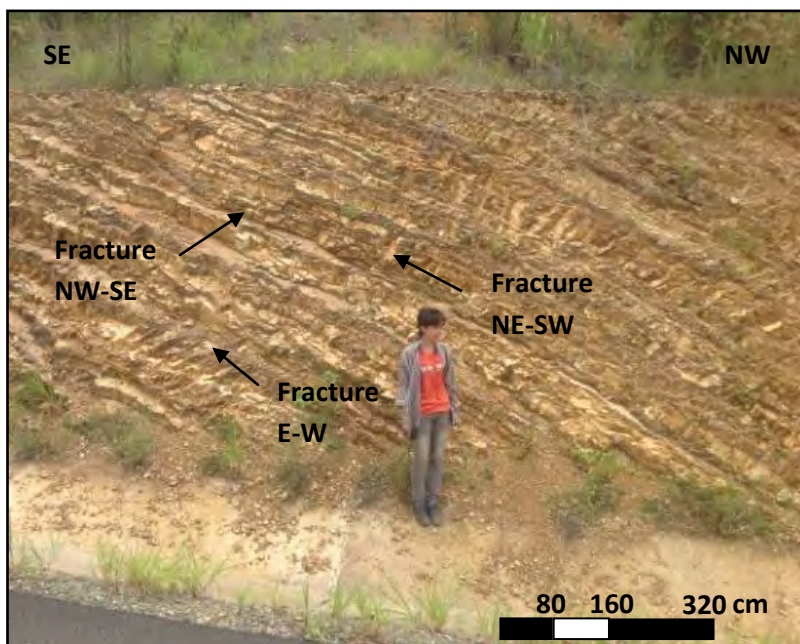
รูป 3.35 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 23 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 23 ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 19 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพภูหلاب จำนวน 16 ข้อมูล (ง)

จุดศึกษาที่ 24

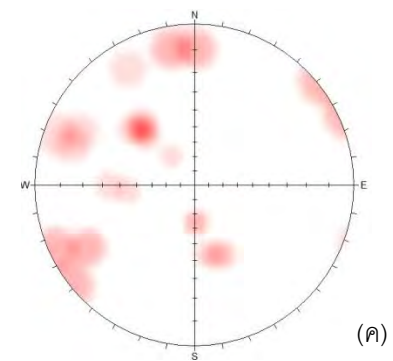
จุดศึกษาที่ 24 อยู่ห่างจากจุดที่ 23 ไปทางทิศเหนือประมาณ 100 เมตร หินโผล่ที่พบบริเวณจุดศึกษาเป็นหินทรายที่มีความหนาของชั้นหินประมาณ 20-25 เซนติเมตร มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีมุมเอียงเทประมาณ 50 องศา พบรอยแตกส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 3.36)



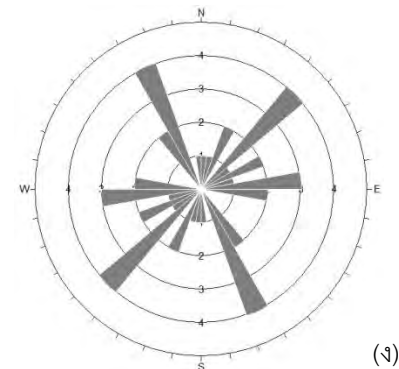
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

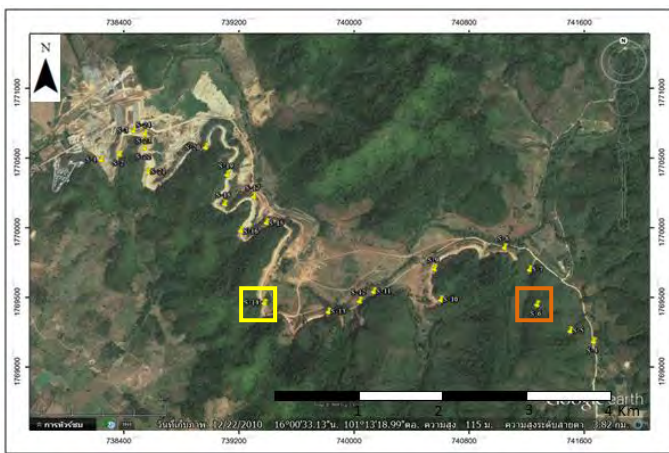
รูป 3.36 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 24 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) และรอยแตกมุมสูงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกทั้งหมดบริเวณจุดศึกษาที่ 24 ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟีก จำนวน 27 ข้อมูล (ค) และบนแผนภาพกุหลาบ จำนวน 24 ข้อมูล (ง)

2) โครงสร้างรอยเลื่อน (fault)

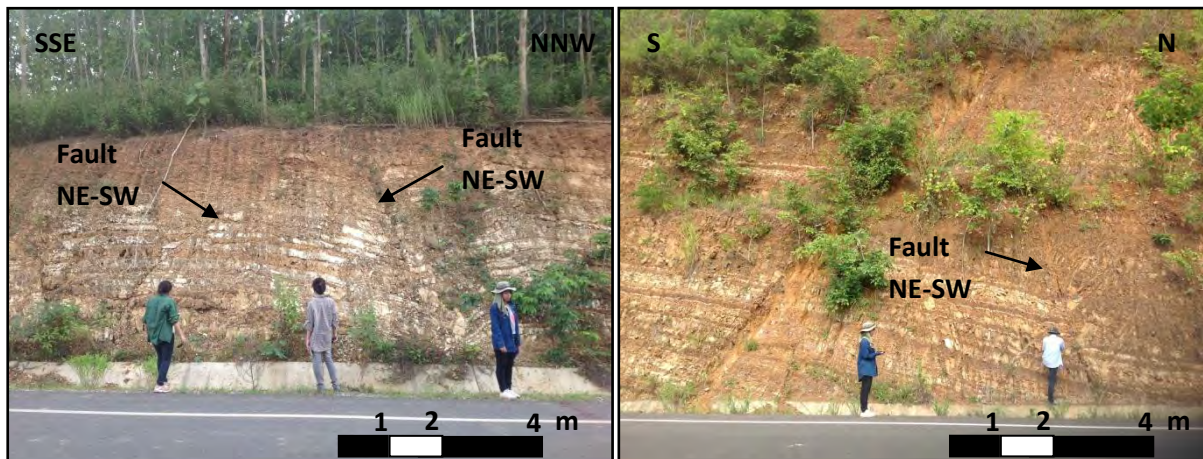
รอยเลื่อนที่พบในพื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ รอยเลื่อนปกติ (normal fault) และรอยเลื่อนย้อน (reverse fault)

■ รอยเลื่อนปกติ (normal fault)

รอยเลื่อนปกติ มีระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 3.37-3.39) พบบริเวณจุดศึกษาที่ 2, 4, 6, 11 และ 17



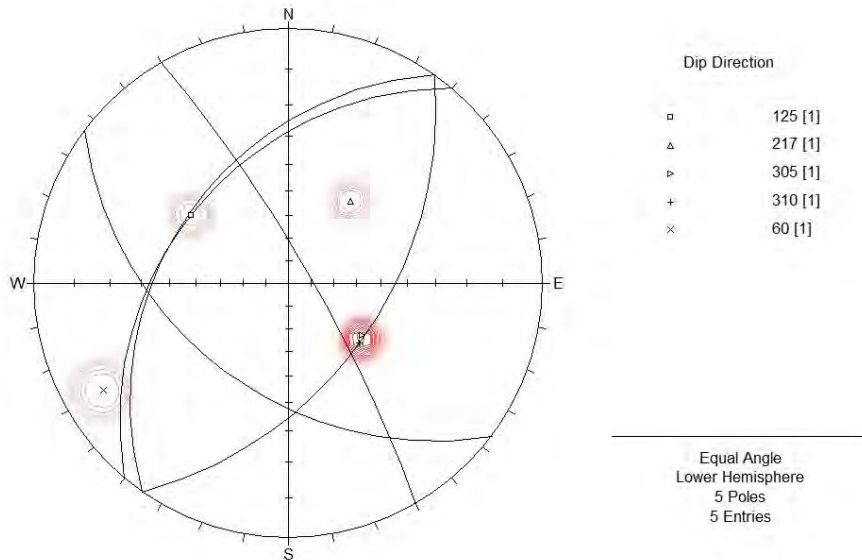
(ก)



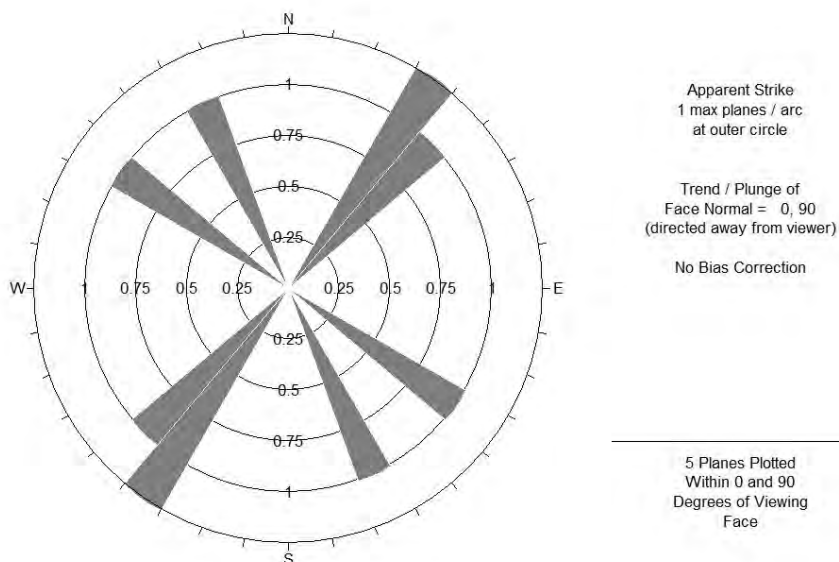
(ข)

(ค)

รูป 3.37 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 6 (กรอบสี่เหลี่ยม) และจุดศึกษาที่ 14 (กรอบสี่เหลี่ยม) (ก) ภาพแสดงรอยเลื่อนปกติ บริเวณจุดศึกษาที่ 6 โดยระนาบรอยเลื่อนวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) และบริเวณจุดศึกษาที่ 14 โดยระนาบรอยเลื่อนวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ค)



รูป 3.38 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าระนาบรอยเลื่อนปกติในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก (equal-area stereographic net) จำนวน 5 ข้อมูล แสดงระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)



รูป 3.39 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าระนาบรอยเลื่อนปกติในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกุหลาบ (rose diagram) จำนวน 5 ข้อมูล แสดงระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)

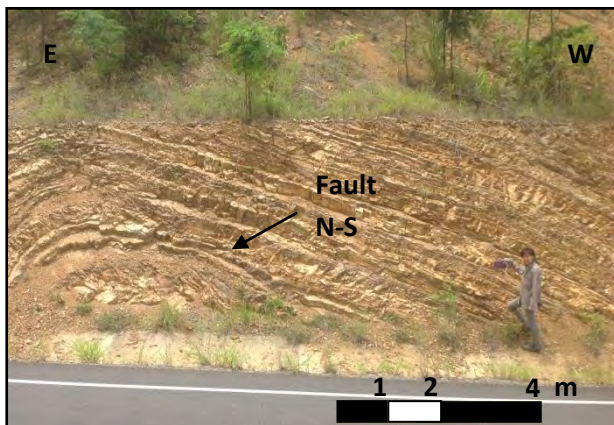
- รอยเลื่อนย้อน (reverse fault)

รอยเลื่อนย้อน มีระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) (รูป 3.40-3.42) พบบริเวณจุดศึกษาที่

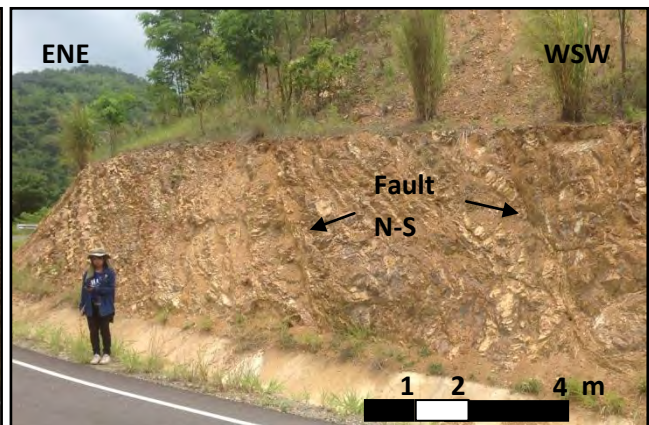
24



(ก)

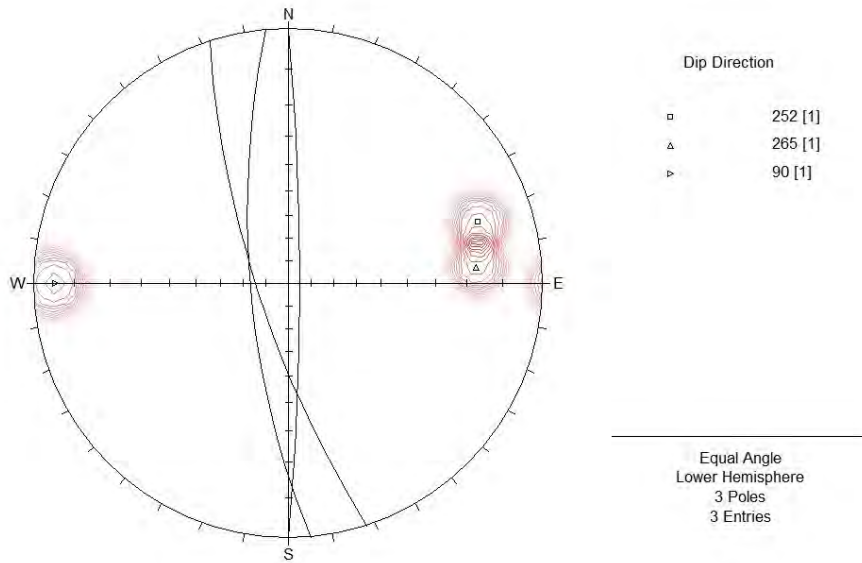


(ข)

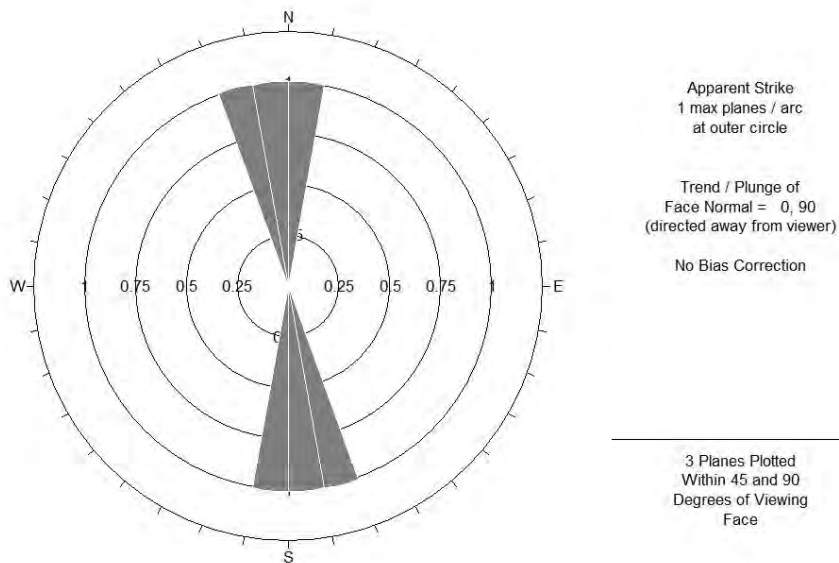


(ค)

รูป 3.40 ภาพดาวเทียมแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 24 (กรอบสีแดง) (ก) ภาพแสดงรอยเลื่อนย้อน บริเวณจุดศึกษาที่ 24 โดยระนาบรอยเลื่อนวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) มีทิศทางการวางตัว $175^{\circ}/73^{\circ} W$ (ข) และมีทิศทางการวางตัว $162^{\circ}/76^{\circ} W$ (ค)



รูป 3.41 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าระนาบรอยเลื่อนย้อนในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนตาศ่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 3 ข้อมูล แสดงระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S)

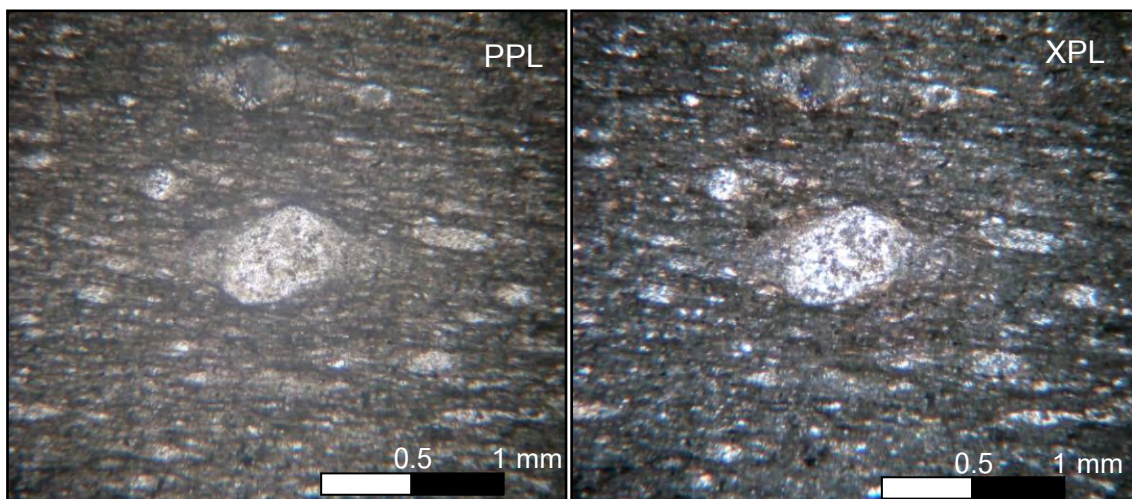


รูป 3.42 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าระนาบรอยเลื่อนย้อนในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพภูหลาบ จำนวน 3 ข้อมูล แสดงระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S)

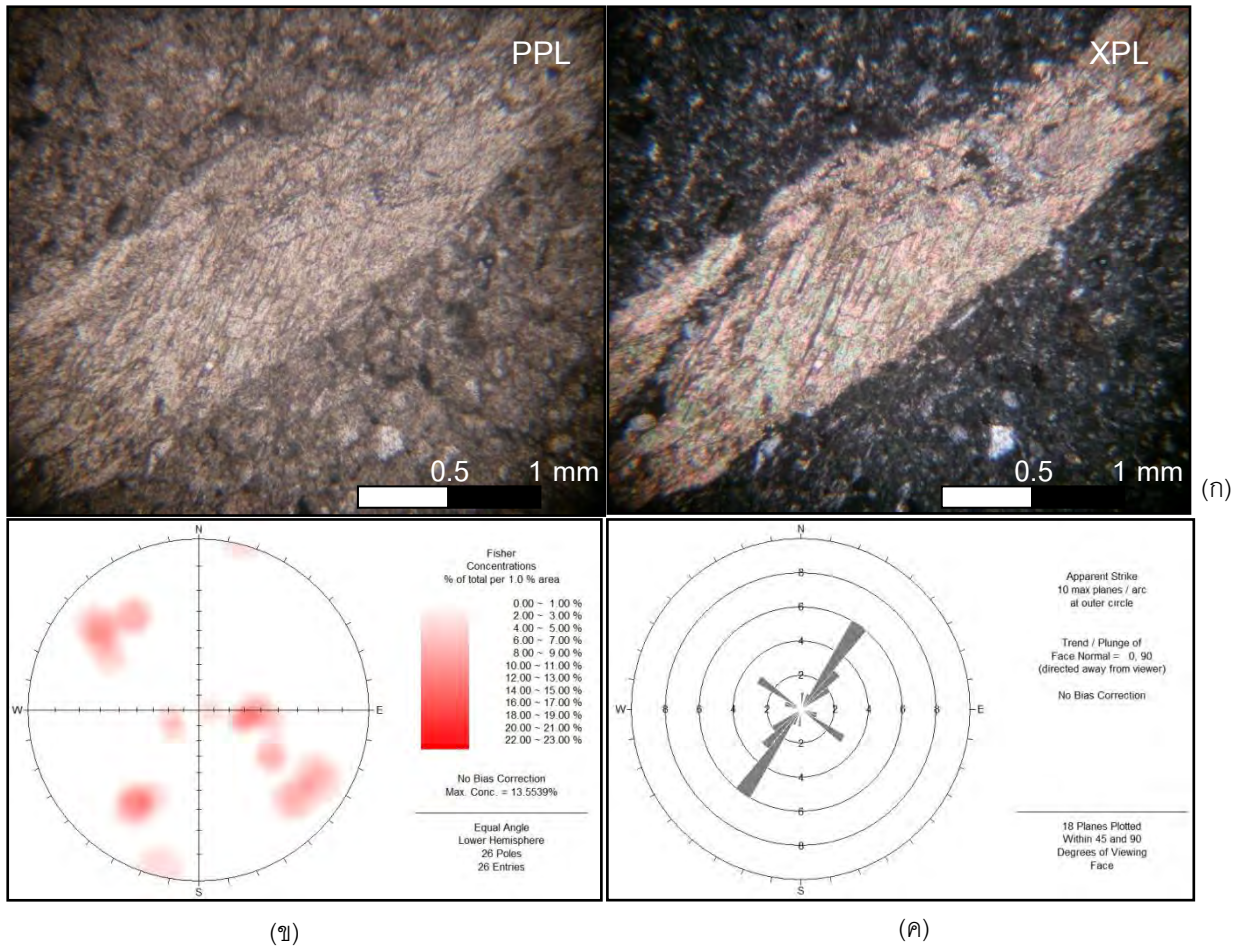
3.2.2 ระดับจุลภาค (microscopic scale)

ธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคในแผ่นหินขัดบาง จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่งที่เก็บมาจากพื้นที่ศึกษา โดยจะนำมาศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างในระดับจุลภาค รวมไปถึงการศึกษาซิลิการรณมา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ทำให้ทราบถึงกลไกของการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินในพื้นที่ศึกษา แร่ประกอบหินและลักษณะเนื้อหินที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงลักษณะและอุณหภูมิในระหว่างการเปลี่ยนแปลง ซึ่งการวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคนี้ยังสามารถนำไปใช้สนับสนุนการวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างระดับกลางและวิวัฒนาการของการแปรสัณฐานในพื้นที่ศึกษา

แนวเขาตาราดส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนเนื้อประสมขนาดละเอียด มีเม็ดผลึกค่อนข้างละเอียดเป็นเนื้อพื้น (matrix) มีผลึกดอกขนาดกลางเป็นแร่ควอตซ์และเฟลด์สปาร์เป็นส่วนใหญ่ และหินปูนในบางจุดศึกษา โดยธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคที่พบในพื้นที่ศึกษา พบเป็นลักษณะของแร่ควอตซ์ทรงกลมหรือรี (รูป 3.43) และลักษณะของรอยแตกที่ปรากฏอยู่ในแร่แคลไซต์ (รูป 3.44)



รูป 3.43 ลักษณะของแร่ควอตซ์ทรงกลมหรือรี มีการวางตัวขนานกับแนวชั้นหินบาง (lamination) ในแผ่นหินขัดบาง ภายใต้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ พบในแผ่นหินขัดบางจากหินตัวอย่าง บริเวณจุดศึกษาที่ 22



รูป 3.44 ลักษณะของรอยแตกที่ปรากฏในแร่แคลไซต์ ซึ่งสัมพันธ์กับรอยแตกที่พบในหินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 1 (ก) ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก (equal-area stereographic net) จำนวน 26 ข้อมูล มีการวางตัวของรอยแตกอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ข) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram) จำนวน 26 ข้อมูล มีการวางตัวของรอยแตกอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ค)

บทที่ 4

อภิปรายผลการศึกษา (Discussion)

การศึกษาใน 2 ระดับ ได้แก่ ระดับกลางและระดับจุลภาค ได้ผลออกมาจากการสำรวจภาคสนาม และการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคมารวบรวมและอภิปรายได้เป็นลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตก (structural style of fracture) และวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตก (structural evolution of fracture) ของเขาตาราด รวมถึงวิวัฒนาการการแปรสัณฐาน (tectonic evolution) บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง จังหวัดเพชรบูรณ์

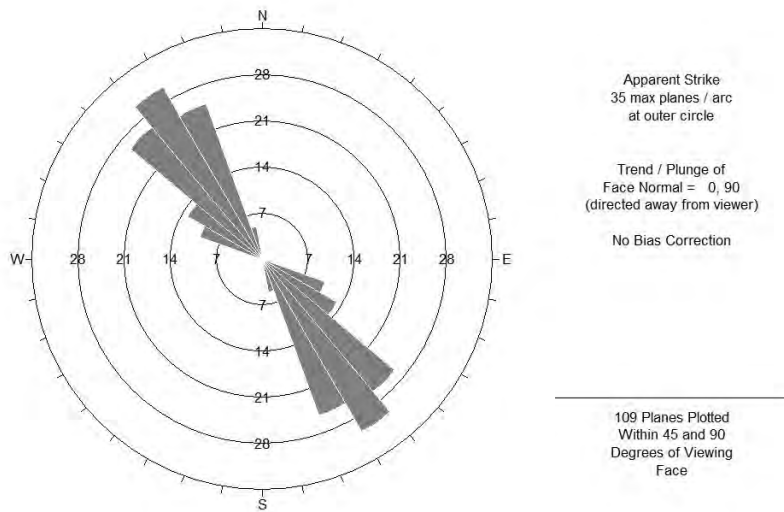
4.1 ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตก (structural style of fracture)

หลักฐานที่พบจากการสำรวจภาคสนามในพื้นที่ศึกษา ที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะ (brittle deformation) ได้แก่ รอยแตก 4 แนวที่โดดเด่นอย่างเห็นได้ชัดแบ่งเป็นโครงสร้างรอยแตกที่ตั้งฉากกัน (orthogonal fracture) 3 แนว สามารถสังเกตเก็บข้อมูลในภาคสนามโดยมีแนวหลักอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) และรอยแตกมุมสูง (high angle fracture) 1 แนว สามารถสังเกตและเก็บข้อมูลในภาคสนามโดยมีแนวหลักอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) นอกจากนี้ยังพบรอยเลื่อน (fault) โดยรอยเลื่อนที่พบมีลักษณะเป็นรอยเลื่อนที่มีการเลื่อนตัวตามแนวเอียงเท (dip-slip fault) พบเป็นรอยเลื่อนปกติ มีระนาบรอยเลื่อนในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และรอยเลื่อนย้อน โดยมีระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) มีรายละเอียด ดังนี้

4.1.1 โครงสร้างรอยแตกที่ตั้งฉากกัน (orthogonal fracture)

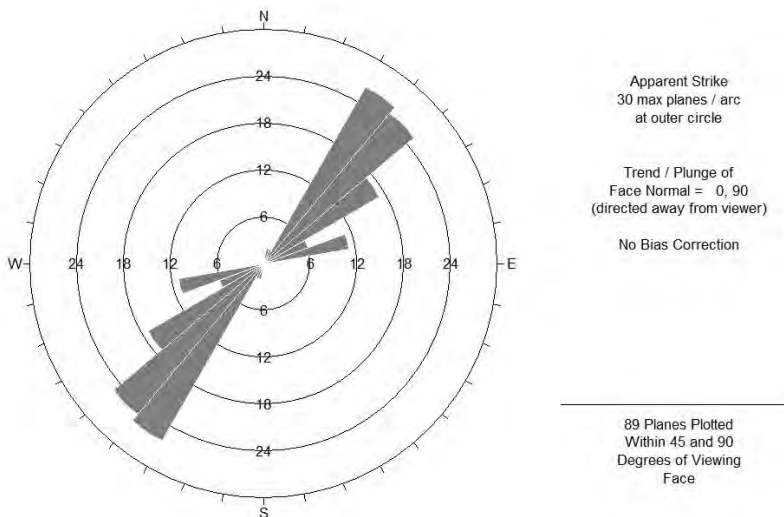
ความหนาแน่นกระจายตัวของรอยแตกที่ตั้งฉากกันในพื้นที่ศึกษามีอยู่ 3 แนวที่โดดเด่นอย่างเห็นได้ชัดคือ แนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) (รูป 4.1), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 4.2) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 4.3)

แนวที่ 1 แนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE)



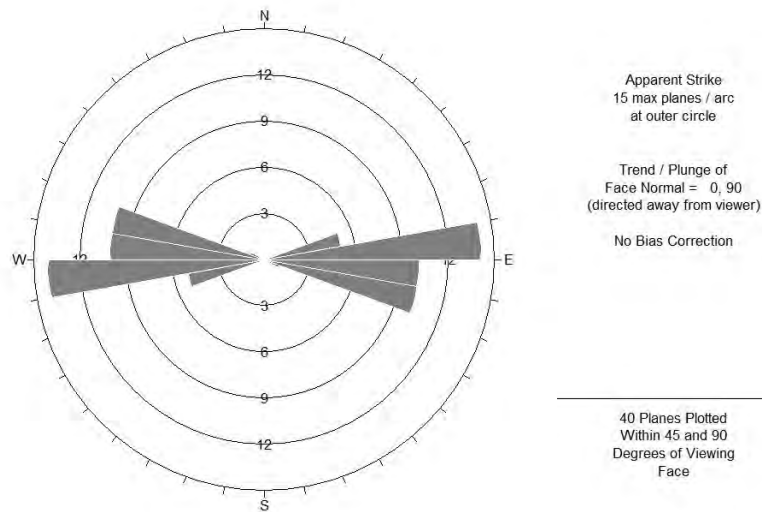
รูป 4.1 ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) ของหินในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกugelhalb จำนวน 109 ข้อมูล

แนวที่ 2 แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)



รูป 4.2 ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกที่ตั้งฉากกัน ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ของหินในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกugelhalb จำนวน 89 ข้อมูล

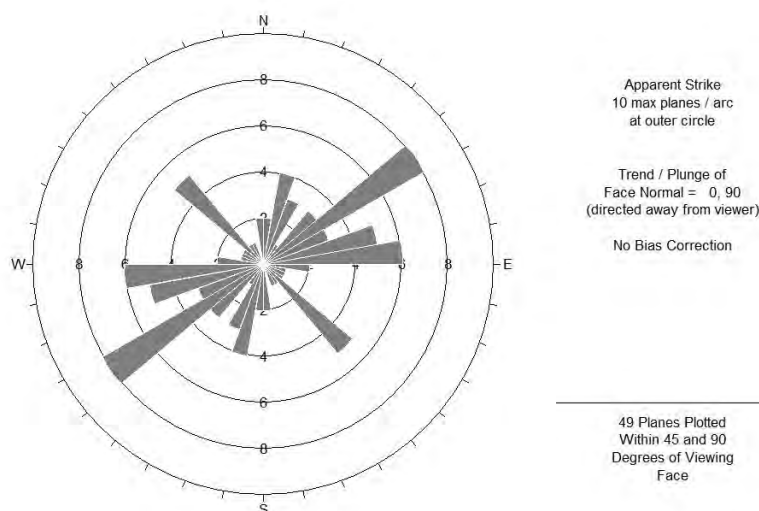
แนวที่ 3 แนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W)



รูป 4.3 ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกที่ตั้งฉากกัน ในแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ของหินในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกุกหลาย จำนวน 40 ข้อมูล

4.1.2 โครงสร้างรอยแตกมุมสูง (high angle fracture)

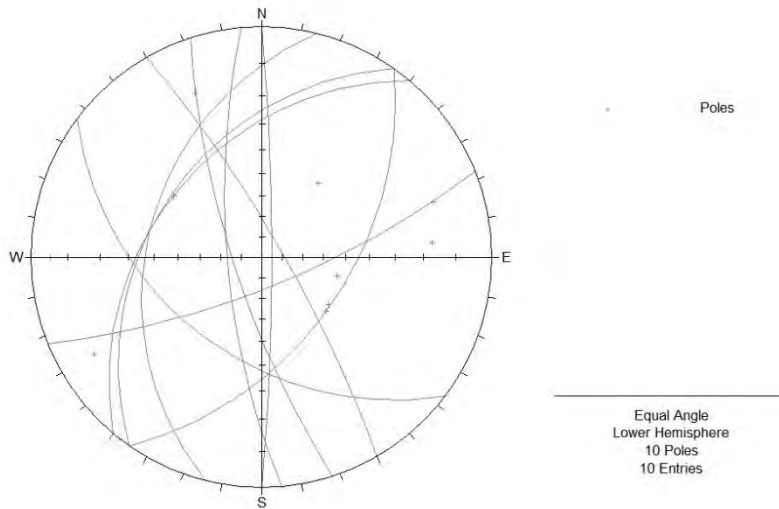
ความหนาแน่นกระจายตัวของรอยแตกมุมสูงในพื้นที่ศึกษาแสดงแนวที่โดดเด่นอย่างเห็นได้ชัดคือแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (รูป 4.4)



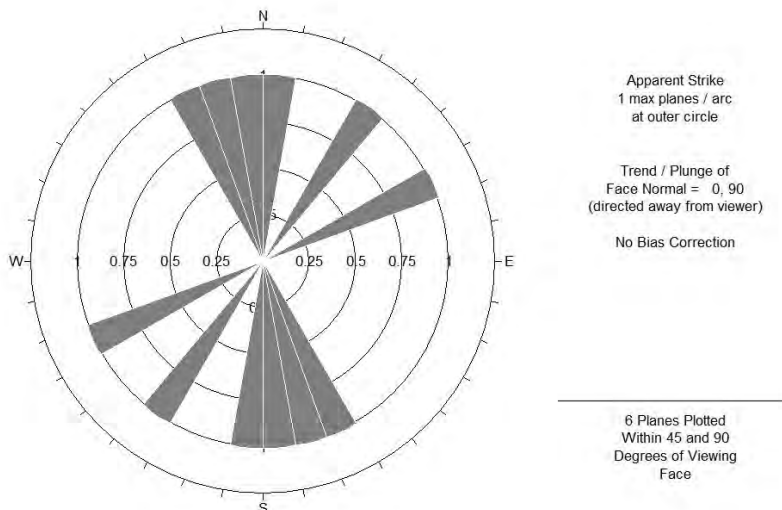
รูป 4.4 ผลการกำหนดตำแหน่งค่ารอยแตกมุมสูงของหินในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกุกหลาย จำนวน 49 ข้อมูล ส่วนใหญ่มีการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ -ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)

4.1.3 โครงสร้างระนาบรอยเลื่อน (fault plane)

การกระจายตัวของ pole (รูป 4.5) และความหนาแน่นกระจายตัวของระนาบรอยเลื่อน (รูป 4.6) ของหินในพื้นที่ศึกษา โดยรอยเลื่อนปกติ จะมีระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และรอยเลื่อนย้อน จะมีระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S)



รูป 4.5 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าระนาบรอยเลื่อนในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนตาศายมิติสเตอริโอกราฟฟิก จำนวน 10 ข้อมูล มีระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวเหนือ-ใต้ (N-S)



รูป 4.6 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าระนาบรอยเลื่อนในพื้นที่ศึกษาลงบนแผนภาพกู่หลาย จำนวน 10 ข้อมูล มีระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวเหนือ-ใต้ (N-S)

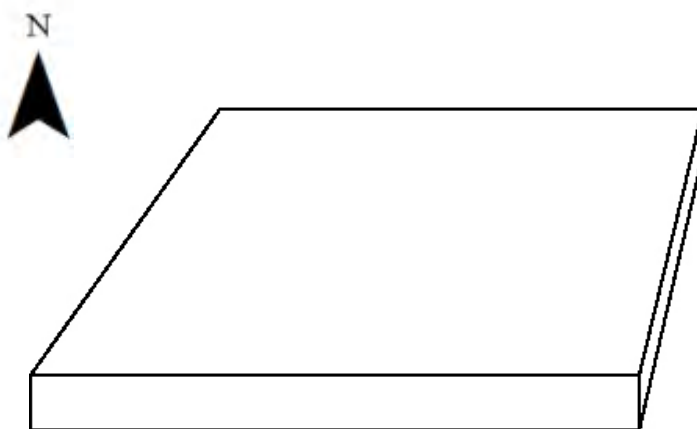
ในแผ่นหินขัดบาง ธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคที่พบเป็นการเปลี่ยนลักษณะแบบแตกเปราะ (brittle deformation) โดยหลักฐานที่พบเป็นลักษณะของรอยแตก ที่พบในแร่แคลไซต์ และยังพบลักษณะของแร่ควอตซ์ที่ทำให้มีลักษณะเป็นทรงกลมหรือรี เนื่องจากถูกแรงบีบอัด (compression stress) แบบ pure shear โดยข้อมูลที่ได้มีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนลักษณะที่พบบนหินโผล่ในการสำรวจภาคสนาม

4.2 วิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตก (structural evolution of fracture)

แบบจำลองของรูปแบบโครงสร้างของเขาดาราด บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง จังหวัดเพชรบูรณ์ (รูป 4.7-4.9) มี 3 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 การตกสะสมตัวของตะกอน (SEDIMENTARY DEPOSIT)

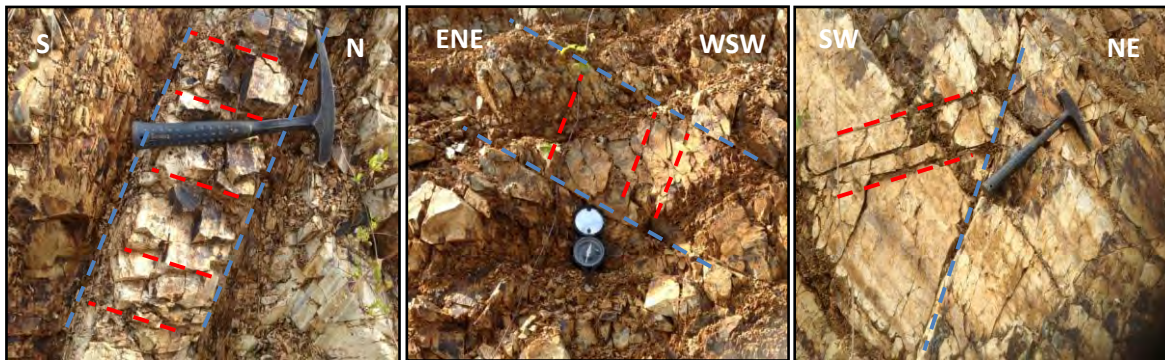
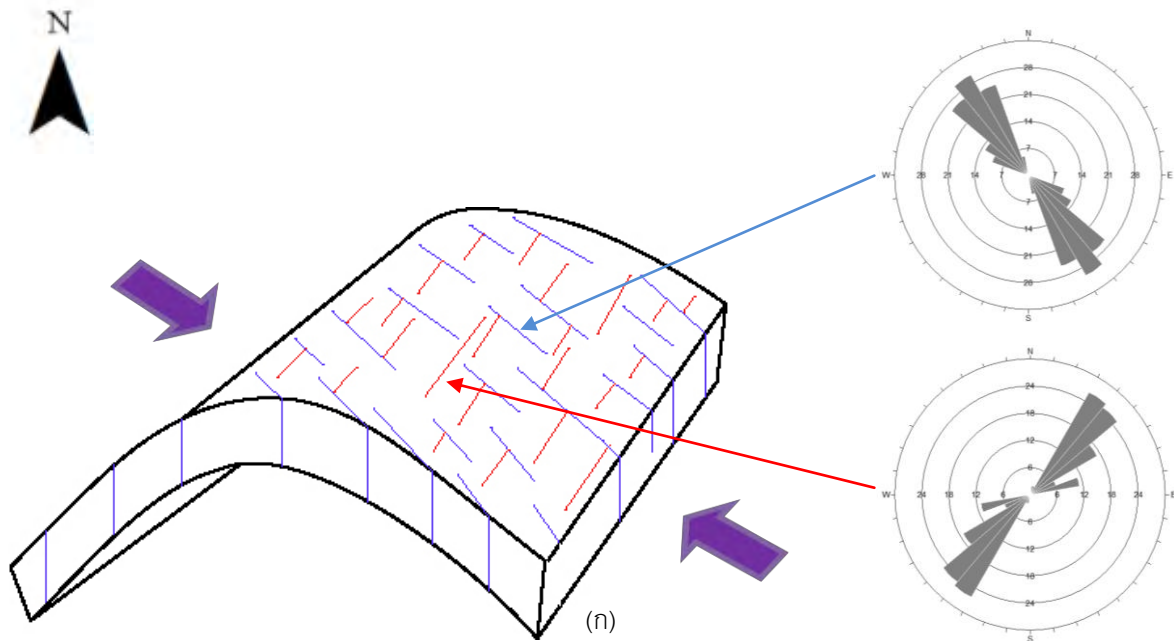
ลำดับแรกเกิดการสะสมตัวของตะกอนในแนวระดับ บริเวณทะเลน้ำตื้น (shallow marine) จนถึงส่วนที่ลึกลงไป และมีบางส่วนมีการสะสมตัวของตะกอนบนที่มีความชัน (slope) เนื่องจากพบลักษณะชั้นตะกอนที่สะสมตัวจากกระแสน้ำขุ่น (turbidity current) จากหินโผล่ บริเวณจุดศึกษาที่ 11 (รูป 4.7)



รูป 4.7 แบบจำลองของรูปแบบโครงสร้างของเขาดาราดในลำดับที่ 1 แสดงการสะสมตัวของตะกอนในแนวระดับ

ลำดับที่ 2 การเกิดขึ้นหินคดโค้ง (FOLDING)

ลำดับที่สอง หินท้องที่ (country rock) เกิดการคดโค้ง พร้อมกับเกิดรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) จากนั้นจึงเกิดรอยแตกในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ซึ่งเป็นทิศทางตั้งฉากกับรอยแตกแนวแรก เนื่องจากแรงบีบอัดในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) (รูป 4.8)

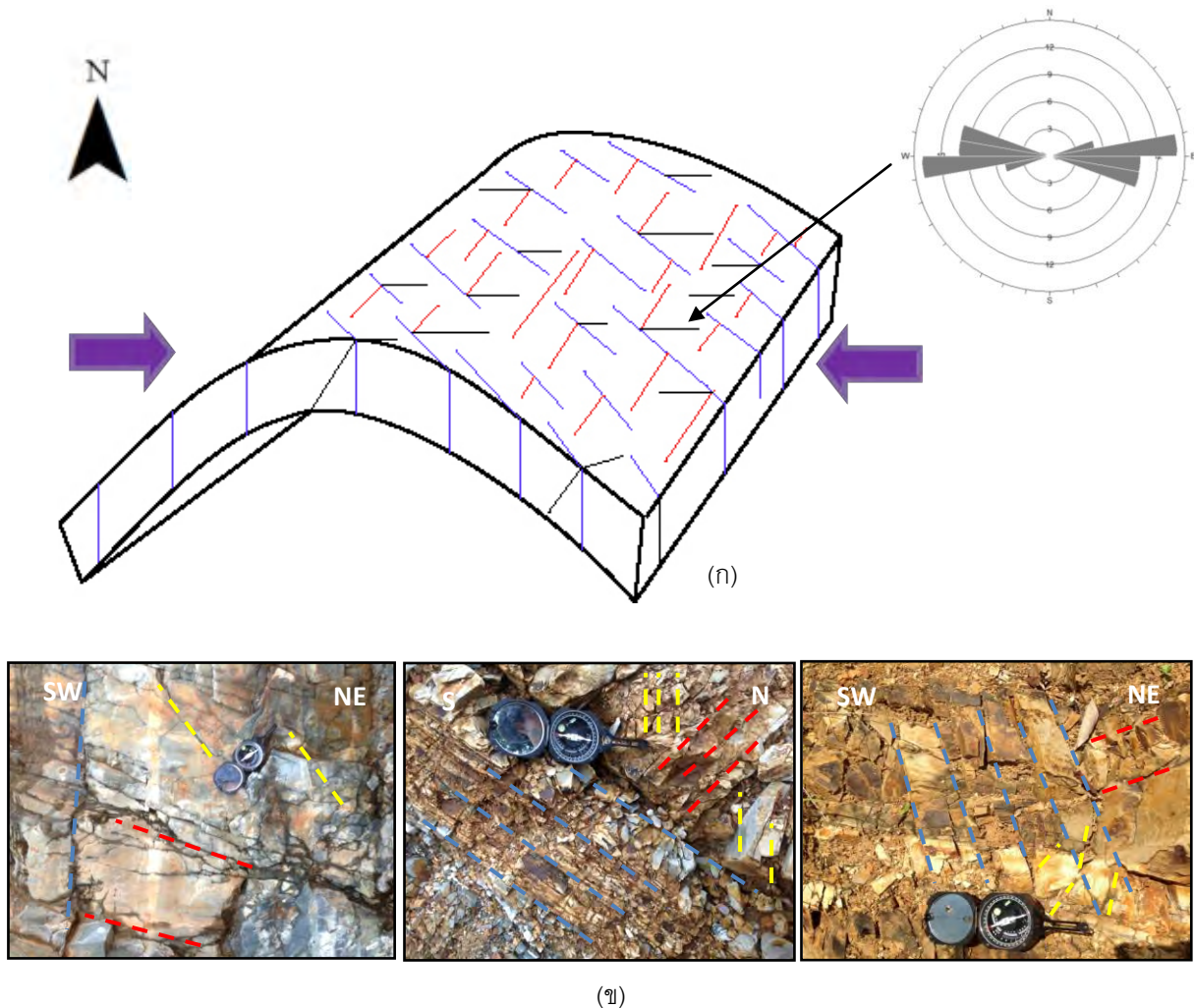


(ข)

รูป 4.8 แบบจำลองของรูปแบบโครงสร้างของเขตรวดในลำดับที่ 2 แสดงการคดโค้งของหินท้องที่ (country rock) พร้อมกับเกิดรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) จากนั้นจึงเกิดรอยแตกในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ซึ่งเป็นทิศทางตั้งฉากกับรอยแตกแนวแรก เนื่องจากแรงบีบอัดในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) (ก) รอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ที่พบในพื้นที่ศึกษา (ข)

ลำดับที่ 3 การเกิดรอยแตก (FRACTURING)

ลำดับที่สาม เกิดการเปิดออกเป็นรอยแตกในแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ร่วมกับการเกิดรอยเลื่อนย้อนซึ่งมีระนาบรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) ซึ่งเป็นผลต่อเนื่องจากแรงบีบอัด แต่มีการเปลี่ยนทิศทางของแรงที่เข้ามากระทำจากทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) ในลำดับที่ 2 เป็นแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (รูป 4.9)



รูป 4.9 แบบจำลองของรูปแบบโครงสร้างของเขตรอยแตกในลำดับที่ 3 แสดงการเปิดออกเป็นรอยแตกในแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ร่วมกับการเกิดรอยเลื่อนย้อนซึ่งมีระนาบรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) เนื่องจากผลต่อเนื่องของแรงบีบอัดที่มีการเปลี่ยนทิศทางของแรงที่เข้ามากระทำจากทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) เป็นแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (ก) รอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ที่พบในพื้นที่ศึกษา แสดงให้เห็นถึงลำดับก่อน-หลังของการเกิดรอยแตกในแต่ละแนว (ข)

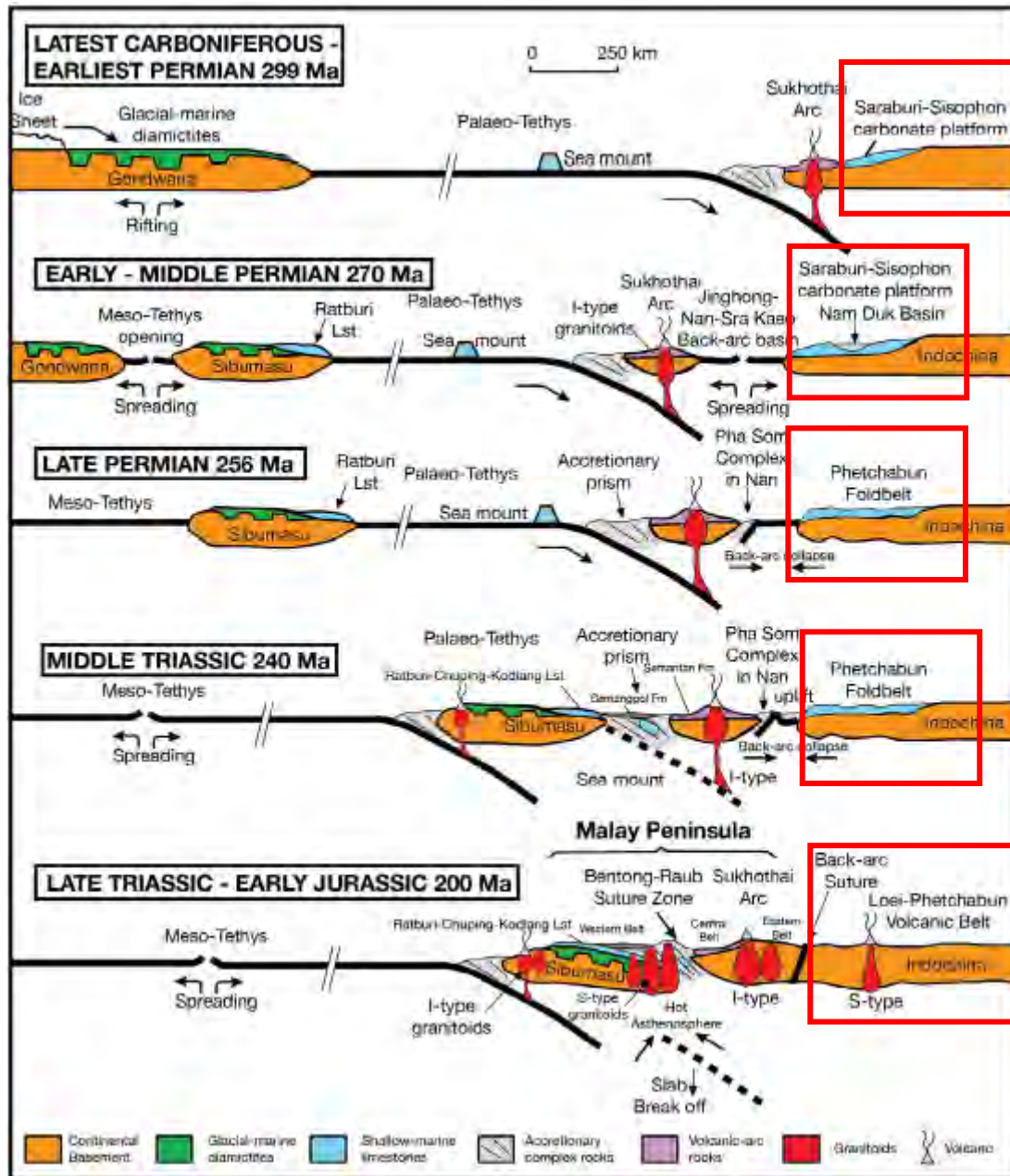
4.3 วิวัฒนาการการแปรสัณฐาน (tectonic evolution)

รอยแตกในพื้นที่ศึกษานั้นแบ่งออกเป็นรอยแตกที่ตั้งฉากกันและรอยแตกมุมสูง โดยรอยแตกมุมสูงซึ่งมีการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) มีความสัมพันธ์กับระนาบแกนการโค้ง (axial plane) ของแนวชั้นหินคดโค้งของเขาดาราด บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งมีทิศทางวางตัวในแนวประมาณเหนือ-ใต้ (N-S) และอยู่ในบริเวณกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์

กลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลยถือได้ว่าเป็นกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งหลักของประเทศไทย มีแนวการวางตัวของชั้นหินคดโค้งส่วนใหญ่อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) ตามทิศทางของรอยต่อธรณีน่าน-อุตรดิตถ์และเลย (Nan-Uttradit and Loei suture) โดยชั้นหินคดโค้งในบริเวณดังกล่าว เป็นผลมาจากชนกันของแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสูและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (SE Asia)

แผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสูและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน เคยเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นกอนวานา (Gondwana) อยู่ทางตะวันตกเฉียงเหนือของแผ่นออสเตรเลีย (NW Australia) ในซีกโลกใต้ ตั้งแต่ช่วงยุคพรีแคมเบรียน (Precambrian) จนถึงช่วงมหายุคพาลีโอโซอิกตอนต้น (Early Paleozoic) จากนั้นในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิกตอนกลางจนถึงยุคไทรแอสซิกตอนต้น แผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสูและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ค่อยๆ เคลื่อนตัวออกจากแผ่นออสเตรเลีย ระหว่างยุคไซลูเรียน (Silurian) จนถึงยุคคาร์บอนิฟอรัสตอนต้น (Early Carboniferous) พร้อมๆ กับการสร้างแอ่งสะสมตะกอน (sedimentary basin) ของตนเองเป็นครั้งแรก ในช่วงยุคคาร์บอนิฟอรัสตอนต้น (Early Carboniferous) จนถึงยุคเพอร์เมียนตอนปลาย (Late Permian) แผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสูเคลื่อนที่จากซีกโลกใต้บริเวณใกล้กับเส้นศูนย์สูตร (low Southern latitude) มาอยู่ในซีกโลกเหนือบริเวณใกล้กับเส้นศูนย์สูตร (low Northern latitude) และเริ่มเกิดการมุดตัวของพื้นทะเลโบราณ (Palaeo-Tethys oceanic floor) ลงไปได้ แผ่นเปลือกโลกอินโดจีน จนกระทั่งยุคไทรแอสซิกตอนปลาย (Late Triassic) จึงเกิดการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสูกับแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (Metcalf, 2013) (รูป 4.10) ทำให้เกิดแนวชั้นหินคดโค้งบนขอบแผ่นภาคพื้นทวีป (continental margin) เช่น แนวชั้นหินคดโค้งตะวันตกหรือแนวชั้นหินคดโค้งสุโขทัย (Sukhothai Fold Belt) และแนวชั้นหินคดโค้งตะวันออกเฉียงหรือแนวชั้นหินคดโค้งเลย (Loei Fold Belt) เป็นต้น (Bunopas and Vella, 1983) โดยที่แนวชั้นหินคดโค้งเลยนี้ สามารถเรียกได้อีกชื่อว่า แนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ เนื่องจากพื้นที่ของแนวชั้นหินคดโค้งนี้ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดเลยและเพชรบูรณ์ ซึ่งบริเวณพื้นที่ศึกษานี้อยู่ในบริเวณของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์จึงเกิดลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างต่างๆ ได้แก่ รอยแตกที่ตั้งฉากกันในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตก (E-W) ซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดรอยเลื่อนปกติที่มีระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ส่วนรอยแตกมุมสูงนั้นมีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) สัมพันธ์กับการ

เกิดรอยเลื่อนย้อนที่มีระนาบรอยเลื่อนอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) การชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสุกับแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน นอกจากจะทำให้เกิดแนวชั้นหินคดโค้งบนขอบแผ่นภาคพื้นทวีป ยังเป็นสาเหตุให้เกิดการปิดของทะเลโบราณ (Palaeo-Tethys) อีกด้วย (Sone and Metcalfe, 2008)



รูป 4.10 ภาพแสดงธรณีวิทยาแปรสัณฐานที่ทำให้เกิดแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ เนื่องจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสุและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (Metcalfe, 2013) ซึ่งโครงสร้างรอยแตกและรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาน่าจะสัมพันธ์กับเหตุการณ์ในยุคไทรแอสซิกตอนปลาย บริเวณกลุ่มหินอัคนีเลย-เพชรบูรณ์ (Loei-Phetchabun Volcanic Belt) (กรอบสีแดง)

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา (Conclusion)

จากการนำผลการศึกษาที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคมารวบรวม, วิเคราะห์ และอภิปรายในด้านลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตกและวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตกของเขาดาราด บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง จังหวัดเพชรบูรณ์ สามารถสรุปผลได้ ดังนี้

แนวรอยแตกของเขาดาราด บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง จังหวัดเพชรบูรณ์ มีรอยแตกที่ตั้งฉากกัน (orthogonal fracture) ทั้งหมด 3 แนว อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE), แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) และมีรอยแตกมุมสูง (high angle fracture) 1 แนว อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) เกิดร่วมกับรอยเลื่อนปกติที่มีระนาบรอยเลื่อนในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และรอยเลื่อนย้อนที่มีระนาบรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) ส่วนธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคนั้น พบลักษณะของรอยแตกในแร่แคลไซต์และลักษณะของแร่ควอตซ์ที่ถูกทำให้มีลักษณะเป็นทรงกลมหรือรีในแผ่นหินขัดบางอีกด้วย

วิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวรอยแตกของเขาดาราด บริเวณอ่างเก็บน้ำคลอง จังหวัดเพชรบูรณ์ แบ่งออกเป็น 3 ลำดับ ดังนี้ ลำดับแรกเกิดการสะสมตัวของตะกอนในแนวระดับ ลำดับที่สอง หินท้องถิ่น (country rock) เกิดการคดโค้ง พร้อมกับเกิดรอยแตกในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) จากนั้นจึงเกิดรอยแตกในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ซึ่งเป็นทิศทางตั้งฉากกับรอยแตกแนวแรก เนื่องจากแรงบีบอัดในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) ลำดับที่สาม เกิดการเปิดออกเป็นรอยแตกในแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ร่วมกับการเกิดรอยเลื่อนย้อนซึ่งมีระนาบรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) ซึ่งเป็นผลต่อเนื่องจากแรงบีบอัด แต่มีการเปลี่ยนทิศทางของแรงที่เข้ามากระทำจากทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) ในลำดับที่ 2 เป็นแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W)

ช่วงเวลาของการเกิดขึ้นหินคดโค้ง บริเวณอ่างเก็บน้ำคลอง จังหวัดเพชรบูรณ์ อาจเทียบเคียงได้กับช่วงที่เกิดการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสูและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนปลาย เนื่องจากรอยแตกมุมสูงที่พบในพื้นที่ศึกษามีแนวการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระนาบแกนการโค้ง (axial plane) ของแนวชั้นหินคดโค้งของเขาดาราด บริเวณอ่างเก็บน้ำคลองลำกง จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งมีทิศทางการวางตัวในแนวประมาณเหนือ-ใต้ (N-

S) เช่นเดียวกับกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ที่มีแนวการวางตัวของชั้นหินคดโค้งส่วนใหญ่อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) ตามทิศทางของรอยต่อธรณีน่าน-อุตรดิตถ์และเลย (Nan-Uttradit and Loei suture) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสูและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน

เอกสารอ้างอิง

- Bunopas, S., 1981. Paleogeographic history of western Thailand and adjacent parts of Southeast Asia- A plate tectonics interpretation: Victoria University of Wellington, unpublished Ph.D. thesis, p. 810 ;reprinted 1982 as Geological Survey Paper no.5, Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Thailand.
- Bunopas, S., 1983. Palaeozoic succession in Thailand, in P. Nutalaya, ed., Proceedings of the Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia, Haad Yai, Thailand: 1983, v. 1, p. 39-76.
- Bunopas, S., 1994, The regional stratigraphy, paleogeographic and tectonic events of Thailand and continental Southeast Asia, in Proceedings of the International Symposium on Stratigraphic Correlation of Southeast Asia, Bangkok, Thailand: 1994, p. 2-24.
- Bunopas, S., and Vella, P., 1978. Late Palaeozoic and Mesozoic structural evolution of Northern Thailand, a plate tectonics model, in P. Nutalaya. ed., Proceedings of the Third Regional Conference on Geology and Mineralogy Resources of Southeast Asia, Bangkok Thailand: 1978, p.133-140.
- Bunopas, S., and Vella, P., 1983. Tectonic and geologic evolution of Thailand, In P.Nutalaya, ed., Proceedings of the Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malasia, Haad Yai, Thailand, September 8-10, p. 307-323.
- Charusiri, P., Daorerk, V., Archibald, D., Hisada, K. and Ampaiwan, T., 2002. Geotectonic evolution of Thailand: A new synthesis. Journal of the Geological Society of Thailand 1, p. 1-20.
- Charusiri, P and Pum-Im, S., 2009. Cenozoic tectonic evolution of major sedimentary basin in central, northern and the gulf of Thailand. Bulletin of European Studies on Time (BEST), v. 2(1-2), p. 40-62.
- Choempraphai, P., 2012. Structural Geology of Northern Koh Samet, Changwat Rayong, Unpublished Senior Project, Development of Geology, Science, Chulalongkorn University, Thailand.
- Department of Mineral Resources., 2007. Geology of Thailand, Department of Mineral Resources, p. 303.

- Department of Mineral Resources., 2009. *Geological map of Thailand*, sheet Changwat Phetchabun, NE 47-16, scale 1:250,000.
- Intasopa, S.B., 1993. Petrology and geochronology of the volcanic rocks of the Central Thailand volcanic belt: University of New Brunswick, unpublished Ph.D.thesis, p. 242.
- Metcalfe, I., 1991. Late Palaeozoic and Mesozoic palaeogeography of Southeast Asia: *Palaeogeography, Palaeoecology*, v. 87, p. 211-221.
- Metcalfe, I., 2002. Permian tectonic framework and palaeogeography of SE Asia. *Journal of Asian Earth Sciences* 20, p. 551–566.
- Metcalfe, I., 2011. Tectonic framework and Phanerozoic evolution of Sundaland. *Gondwana Research* 19, p. 3–21.
- Metcalfe, I., 2013. Gondwana dispersion and Asian accretion: Tectonic and palaeogeographic evolution of eastern Tethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 66, p. 1–33.
- Passchier, C.W., Trouw, R.A.J., 2005. *Microtectonics*, 2nd edn. Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin.
- Singharajwarapan, S., Berry, R.F., 1993. Structural analysis of the accretionary complex in Sirikit Dam area, Uttaradit, Northern Thailand. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 8, 233–245.
- Singharajwarapan, S., 1994. Deformation and metamorphism of the Sukhothai Fold Belt, Northern Thailand. Unpublished PhD dissertation, University of Tasmania, Hobart, p. 385.
- Sone, M., Metcalfe, I., 2008. Parallel Tethyan Sutures in mainland SE Asia: new insights for Palaeo-Tethys closure. *Compte Rendus Geoscience* 340, p. 166–179.
- Ueno, K., Miyahigashi, A., Kamata, Y., Kato, M., Charoentitirat, T. and Limruk, S., 2011. Geotectonic subdivision of the Central Plain of Thailand: A perspective from Permian and Triassic successions, Japan Geoscience Union Meeting: 2011, p. 37.

ภาคผนวก

ข้อมูลที่ได้มาจากการสำรวจภาคสนาม

Bed							
Stike	Dip angle	Stike	Dip angle	Stike	Dip angle	Stike	Dip angle
208	74	150	45	225	40	46	41
221	75	170	54	215	39	50	37
225	73	152	34	205	41	45	41
175	36	165	45	200	20	40	40
196	29	163	52	225	30	32	44
189	33	110	39	220	30	225	52
189	8	100	21	203	39	215	70
189	47	95	20	110	55	210	70
189	28	218	56	130	47	255	25
210	52	211	71	107	42	120	26
214	54	213	31	110	49	95	70
176	44	213	67	121	42	94	36
184	46	210	75	130	10	110	30
180	42	215	76	160	53	100	51
178	40	190	37	100	43	91	64
179	41	190	25	140	46	150	53
215	40	134	40	45	72	160	35
218	43	135	34	45	70	145	25
222	44	170	35	60	80	150	45
210	46	150	42	50	56	160	40
195	46	145	50	50	62	128	27
195	30	140	47	50	54	140	29
190	34	145	45	31	64	50	45

Bed							
Stike	Dip angle	Stike	Dip angle	Stike	Dip angle	Stike	Dip angle
170	42	217	74	29	36	60	25
160	35	218	68	30	40	70	30
200	45	220	80	25	35	60	25
195	50	200	20	40	35	54	30
243	40	220	78	27	59	57	20
205	38	175	48	213	62	252	49
200	40	185	42	230	65	260	47
210	40	210	47	222	57	246	50
195	39	210	46	228	59	49	50
245	70	160	62	225	67	45	45
229	60	198	52	219	67	50	54
235	70	200	55	218	28	41	55
230	75	215	52	221	61	45	51
209	25	220	43	10	65	51	26
198	25	213	55	14	64		
190	19	213	56	15	76		
200	30	220	50	12	78		
205	25	227	53	230	63		
200	37	220	50	15	70		
200	15	220	56	19	80		
210	26	220	60	20	74		
40	45	224	56	16	66		
30	50	231	52	0	56		
30	35	210	60	355	45		
35	45	220	55	330	75		
176	67	225	45	265	25		

Fracture							
Stike	Dip angle	Stike	Dip angle	Stike	Dip angle	Stike	Dip angle
240	61	320	21	94	72	238	64
230	60	297	59	95	43	308	52
253	54	30	61	90	43	329	46
240	50	55	67	130	79	326	46
80	80	36	69	137	84	197	49
80	82	304	69	132	78	205	41
90	81	2	29	335	81	120	21
92	79	356	24	345	80	128	27
60	79	3	34	340	85	100	45
335	87	4	22	335	73	80	5
336	88	354	31	340	66	95	38
320	89	100	74	240	15	310	70
330	75	90	79	285	32	329	57
322	89	95	77	276	6	235	68
18	77	90	76	270	9	250	74
25	76	94	74	264	10	228	76
20	85	330	74	141	74	310	76
210	79	354	4	295	40	320	85
55	67	5	75	297	47	313	77
39	76	5	45	294	35	310	70
303	67	4	40	270	62	320	80
306	64	135	66	290	44	100	45
346	19	125	81	154	47	95	38
40	73	145	87	159	42	315	70
284	87	148	87	161	39	300	80
182	40	140	84	254	85	295	84

Fracture							
Stike	Dip angle	Stike	Dip angle	Stike	Dip angle	Stike	Dip angle
306	44	315	12	254	77	160	80
175	59	309	11	256	78	315	82
185	75	317	12	260	76	290	88
190	84	230	77	285	7	310	15
14	70	230	84	155	76	230	75
14	75	225	81	175	78	248	65
0	80	124	90	315	70	250	83
356	75	105	75	300	80	265	68
356	77	105	84	295	84	250	68
85	46	145	68	315	82	301	86
101	46	120	89	290	88	310	89
85	65	165	4	55	45	312	88
95	54	120	14	75	30	326	52
105	56	125	16	75	69	305	70
276	38	295	45	346	68	336	70
270	37	318	54	350	74	135	21
270	32	320	75	336	74	130	36
280	39	280	68	285	44	135	35
265	46	281	81	270	44	130	50
262	34	350	75	288	43	135	45
100	81	356	68	280	40	96	80
112	81	355	54	278	47	99	64
111	80	345	68	173	59	110	78
298	3	135	79	178	60	260	64
285	30	290	53	196	59	270	90
248	17	323	53	167	83	270	89

Fracture							
Stike	Dip angle	Stike	Dip angle	Stike	Dip angle	Stike	Dip angle
255	54	320	60	126	71	154	74
230	31	317	54	136	64	145	81
255	29	335	50	265	76	156	73
193	62	329	54	260	73	357	74
170	48	327	52	255	84	349	79
193	51	20	81	244	76	355	86
315	53	18	84	251	88	83	76
320	45	17	81	330	84	83	80
322	78	5	75	330	82	79	68
285	85	6	73	388	84	75	65
320	81	18	72	335	89	60	70
325	75	17	73	339	85	85	75
334	71	15	70	72	65	94	76
54	84	145	82	81	71	85	71
53	82	148	86	89	77	320	73
58	83	90	87	87	70	312	74
75	46	105	85	61	65	322	68
70	45	102	86	260	58	340	28
40	72	207	17	260	74	344	28
69	56	215	46	263	60	350	24
14	41	220	79	257	55	339	28
30	26	310	82	259	64	350	28
39	24	309	84	174	72	80	42
10	34	314	83	156	76	70	43
30	21	320	66	190	26	82	43
10	13	312	76	177	29	85	45

Fracture				Fault		Dike	
Stike	Dip angle	Stike	Dip angle	Stike	Dip angle	Stike	Dip angle
84	46	173	12	68	75	220	45
110	26	329	26	35	50		
140	19	305	29	162	76		
125	32	174	44	175	73		
105	5	159	18	194	37		
334	76	169	27	330	80		
325	71	150	8	215	39		
333	75	255	41	220	40		
330	75	289	45	0	85		
23	14	260	58	127	44		
20	9	260	60				
130	11	261	69				
98	66	255	64				
100	67	270	32				
150	72	300	79				
161	12	305	89				
140	70	315	84				
99	54	304	83				
90	48	299	76				
94	74	30	68				
45	65						
44	54						
55	66						
45	62						
102	21						
105	24						

