

วิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

นายชนะกานต์ คุ้มฉาย

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558

STRUCTURAL EVOLUTION OF AYUTTHAYA BASIN,
CHANGWAT PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA

Mr. Chanakarn Koomchay

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF THE BACHELOR OF SCIENCE IN GEOLOGY
DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE, CHULALONGKORN UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2015

วันที่ส่ง

____/____/____

วันที่อนุมัติ

____/____/____

ลงชื่อ _____

(อาจารย์ ดร.สุคนธ์เมธ จิตรมหันตกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย:	วิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา, จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
นิสิตผู้ทำการวิจัย:	นายชนะกานต์ คุ่มฉาย
ภาควิชา:	ธรณีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา:	อาจารย์ ดร.สุคนธ์เมธ จิตรมหันตกุล
ปีการศึกษา:	2558

บทคัดย่อ

แอ่งอยุธยาเป็นแอ่งตะกอนแบบกึ่งกราเบนที่เกิดขึ้นในช่วงมหายุคซีโนโซอิก ตั้งอยู่ในบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง ครอบคลุมพื้นที่ 2,790 ตารางกิโลเมตรและลึกมากถึง 3 กิโลเมตร ธรณีวิทยาโครงสร้างภายในแอ่งอยุธยามีความซับซ้อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีแปรสัณฐานหลายรูปแบบ การศึกษานี้ใช้ประโยชน์จากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิดสองมิติและข้อมูลหลุมเจาะ เพื่อสร้างแบบจำลองวิวัฒนาการการเกิดแอ่งอยุธยาและอธิบายเหตุการณ์ทางธรณีแปรสัณฐานในช่วงมหายุคซีโนโซอิก

การศึกษานี้ได้แบ่งวิวัฒนาการของแอ่งอยุธยาออกเป็น 4 เหตุการณ์อายุ คือช่วง (1) เหตุการณ์แอ่งขยายช่วงต้น (early extensional phase) (2) เหตุการณ์แอ่งขยายช่วงปลาย (late extensional phase) (3) เหตุการณ์โครงสร้างผกผัน (Inversion phase) และ (4) เหตุการณ์แอ่งทรุด (subsidence phase) โดยช่วงเหตุการณ์แอ่งขยายช่วงต้น เกิดขึ้นในสมัยโอลิโกซีนตอนปลายมีการแตกแยกของเปลือกโลกเนื่องจากแรงยืดในทิศทางตะวันออกตะวันตกโดยประมาณพร้อมกับการเกิดรอยเลื่อนปกติ ซึ่งได้มีชุดหินทรายแบ่งสลับกับหินทรายและหินโคลนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานี้แสดงความหนาที่มากขึ้นเมื่ออยู่ใกล้ระยะนาบรอยเลื่อน โดยมีรอยเลื่อนปกติมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตกขนาดใหญ่เป็นตัวควบคุมโครงสร้างและรูปร่างของแอ่งอยุธยา ต่อมาในช่วงเหตุการณ์แอ่งขยายช่วงปลาย พบว่าเปลือกโลกมีการแยกตัวอีกครั้งเกิดการสะสมตัวของชุดหินแบบไม่ต่อเนื่องกับชุดหินตะกอนที่เกิดก่อน โดยได้เกิดการสะสมตัวของชุดหินทรายและหินโคลนสลับกับหินทรายแบ่งที่มีการตกสะสมตัวในสภาพแวดล้อมการตกสะสมตัวแบบตะกอนน้ำพารูปพัด (alluvial fan) ในช่วงเวลาดังกล่าว หลังจากนั้นในช่วงอายุไมโอซีนตอนกลาง แอ่งอยุธยาได้รับอิทธิพลจากแรงอัดที่มากกระทำในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ได้เกิดเป็นเหตุการณ์โครงสร้างผกผัน มีการยกตัวของชุดหินเดิมเป็นโครงสร้างรูปประทุนที่มีความสูงประมาณ 130-150 เมตร ซึ่งจะพบได้บริเวณชุดหินเป็นหินประเภทหินทรายแบ่งสลับกับหินทรายและหินโคลนชั้นบาง โดยบริเวณที่พบการเกิดโครงสร้างรูปประทุนจะอยู่บริเวณชุดตะกอนที่สะสมตัวใกล้ระยะนาบรอยเลื่อนปกติ ทำให้เกิดการยกตัวของชุดหินเดิมซึ่งเกิดขึ้นในสมัยไมโอซีนตอนกลาง หลังจากนั้นแอ่งอยุธยาเข้าสู่ช่วงการเกิดเหตุการณ์แอ่งทรุด ซึ่งได้มีการสะสมตัวของชุดหินโคลนและหินทรายแบ่งจากช่วงอายุไฟโอซีนตอนกลางมาจนถึงปัจจุบัน

คำสำคัญ: แอ่งอยุธยา ธรณีวิทยาโครงสร้าง วิวัฒนาการโครงสร้าง แอ่งตะกอนมหายุคซีโนโซอิก

Title: Structural evolution of Ayutthaya basin, Changwat Phra Nakhon
Si Ayutthaya

Researcher: Mr. Chanakarn Koomchay

Department: Geology

Advisor: Dr. Sukonmeth Jitmahantakul

Academic Year: 2558

Abstract

The Ayutthaya Basin is a Cenozoic rift basin located in the southern area of Thailand. The basin area covers 2,790 square kilometers with maximum depth of 3 km. The basin has undergone multiple phases of deformation associated with rifting and inversion. This study used two-dimensional seismic data to investigate the structural evolution of the Ayutthaya Basin and constructed conceptual evolutionary model of the Ayutthaya Basin. There are 4 phase of deformation: (1) Early extensional phase, (2) Late extensional phase, (3) Inversion phase and (4) Subsidence phase. During early extensional phase (Late Oligocene), the basin was dominated by siltstone interbedded with sandstone and mudstone. Major west-dipping normal faults controlled the geometry of the basin. During late extensional phase (Early Miocene), extension continued along the major normal fault with deposition of sandstone mudstone interbedded with siltstone in alluvial fan system. In middle Miocene, the basin has a short-period of compression in NW-SE direction and inversion occurred along the major normal fault. About 130-150 m uplift calculated from inversion anticline. The Ayutthaya basin became Regional subsidence phase with deposition of mudstone and siltstone.

These sediments thicken towards the west has been developed from Pliocene to Recent.

Keyword: Ayutthaya Basin, Structural Geology, Structural evolution, Cenozoic basin

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณ ศูนย์สารสนเทศข้อมูลเชื้อเพลิงธรรมชาติ กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนและข้อมูลหลุมเจาะในงานวิจัยฉบับนี้

ขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทางด้านคอมพิวเตอร์สำหรับทำงานวิจัย โดยโปรแกรมที่ใช้ในการแปลข้อมูลได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Schlumberger และบริษัท Midland Valley

ขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่ อาจารย์ ดร. สุคนธ์เมธ จิตรมหันตกุล ซึ่งเป็นที่ปรึกษางานวิจัยนี้ ซึ่งอาจารย์ได้เสียสละเวลาในการให้ความช่วยในทุกๆด้าน รวมไปถึงให้คำปรึกษาทั้งในด้านงานวิจัย ด้านการเรียน และด้านอื่นๆ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้ออกมาอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่ อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรม สั่งสอนทั้งในด้านเรียน ด้านการสำรวจภาคสนาม ด้านคุณธรรม และด้านการใช้ชีวิต ซึ่งเป็นแรงจูงใจสำคัญที่จะทำให้ผมเติบโตที่เป็นนักธรณีที่ดีในอนาคต

ขอขอบพระคุณแก่ นายณรงค์ สุริยงค์ หรือพี่หน่อง ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ของธรณีศาสตร์ปิโตรเลียม (นานาชาติ) (Petroleum Geoscience) ที่คอยช่วยเหลือในด้านโปรแกรมและด้านเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทำงานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ จีโอสหาค (Geo'56) ทุกคน ที่ได้ร่วมทุกข์ ร่วมสุข และให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ ตลอดมา

นอกจากนี้ยังขอขอบคุณ นายจิรพัฒน์ เพ็ชรหืด และนางสาวบุศรินทร์ เกียรติกุลกังวาน ที่เป็นส่วนหนึ่งในการให้ความช่วยเหลือในด้านการสร้างกราฟิก ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ Adobe Photoshop ซึ่งทำให้งานวิจัยออกมาเรียบร้อยและสวยงาม

นิยามศัพท์เฉพาะ

Balancing and Restoration	; การสมดุลและการกลับสภาพเดิม คือ การทำการย้อนกลับแบบจำลองจากลักษณะที่พบเห็นในปัจจุบันกลับสู่ช่วงเวลาเริ่มต้นของแอ่ง รายละเอียดอธิบายภายในบทที่ 4
Decompaction method	; วิธีการนำชั้นหินปิดทับออก รายละเอียด อธิบายภายในบทที่ 4
Harpoon structure	; โครงสร้างแบบฮาร์พูน รายละเอียด อธิบายภายในบทที่ 5
Horizon	; เส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน
Inversion	; โครงสร้างผกผัน รายละเอียด อธิบายภายในบทที่ 3
IESX files	; นามสกุลไฟล์ IESX คือ นามสกุลไฟล์จากการนำออกเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนแบบความละเอียดสูง
Move™	; โปรแกรมการสร้างแบบจำลองจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน รายละเอียด อธิบายภายในบทที่ 4
Move on Fault method	; วิธีการกลับสภาพเดิมก่อนการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนรายละเอียด อธิบายภายในบทที่ 4
Null point	; จุดการเชื่อมต่อระหว่างรอยต่อชั้นหิน รายละเอียด อธิบายภายในบทที่ 3
Onlap	; ลักษณะการตกสะสมตัวของตะกอนวางตัวด้านบน
Petrel	; โปรแกรมการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน รายละเอียด อธิบายภายในบทที่ 4
Reflector	; ลักษณะแอมพลิฟูดคลื่นไหวสะเทือน
SEGY files	; นามสกุลไฟล์ segy คือ นามสกุลไฟล์ที่ได้หลังจากการเก็บข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 และ 3 มิติ
Seismic attribute	; การสร้างความโดดเด่นข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติและ 3 มิติ
Time-depth Conversion	; การแปลงมาตราส่วนแนวตั้งของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนจากหน่วยเวลา
Truncation termination	; ลักษณะการเกิดรอยชั้นไม่ต่อเนื่องของคลื่นไหวสะเทือน
TWTs (two way time)	; หน่วยเวลา จากการเก็บข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ หน่วย วินาที หรือมิลลิวินาที
Unfolding method	; วิธีการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้ง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
นิยามศัพท์เฉพาะ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 พื้นที่ศึกษา	1
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
1.5 โครงสร้างรายงาน	2
บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป	5
2.1 ธรณีวิทยาทั่วไปของประเทศไทย	5
2.2 ลักษณะทางกายภาพบริเวณพื้นที่ศึกษา	7
2.3 ธรณีสัณฐานบริเวณพื้นที่ศึกษา	7
2.3.1 บริเวณพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง	7
2.3.2 บริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ	7
2.3.3 บริเวณเนินตะกอนน้ำพารูปพัด	8
2.4 ธรณีวิทยาทั่วไปบริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง	13
2.4.1 ลำดับชั้นหินบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง	13
2.4.2 ธรณีวิทยาโครงสร้างและธรณีแปรสัณฐาน	14
บริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง	

บทที่ 3 แอ่งแยกและโครงสร้างผกผัน	16
3.1 ลักษณะทั่วไปของแอ่งแยก	16
3.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดการแยกตัวของพื้นทวีป	16
3.2.1 การเกิดกระแสไหลจากแมกมา	16
3.2.2 เกิดจากลาพวยพุ่งเนื้อโลก	16
3.2.3 แรงดึงจากการจมตัวของแผ่นเปลือกโลกบริเวณจุดมุดตัว	17
3.3 กลไกในการเกิดแอ่งแยก	17
3.3.1 การเกิดร่องแยกแบบมีพลัง	17
3.3.2 การเกิดร่องแยกแบบสถิตย์	17
3.4 โครงสร้างผกผันภายในแอ่งแยก	17
3.4.1 โครงสร้างผกผันเชิงบวก	18
3.4.2 โครงสร้างผกผันเชิงลบ	18
3.5 การศึกษาแอ่งแยกในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางและอ่าวไทย	21
บทที่ 4 ระเบียบวิธีวิจัย	
4.1 วิธีการศึกษา	28
4.2 คุณภาพข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน	28
4.3 การปรับปรุงคุณภาพข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน	29
4.3.1 การแปลงมาตราส่วนแนวตั้งของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนจากหน่วยเวลา	29
4.3.2 การปรับค่าพิกัดตำแหน่งข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ	29
4.3.3 การนำเข้าและการปรับค่าความคมชัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ชนิด 2 มิติ ด้วยโปรแกรม Petrel	30
4.3.4 การนำเข้าข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ด้วยโปรแกรม Move™	31
4.3.5 การสมดุลงและ การกลับสภาพเดิม ด้วยโปรแกรม Move™	32
4.4 ข้อมูลหลุมเจาะ	33
บทที่ 5 ผลการศึกษา	
5.1 ผลการแปลความหมายลำดับชั้นหินภายในพื้นที่แอ่งอยุธยา	39
5.2 ผลการแปลความหมายโครงสร้างภายในพื้นที่แอ่งอยุธยา	44
5.3 การสมดุลงและการกลับสภาพเดิม บริเวณพื้นที่แอ่งอยุธยา	53

บทที่ 6 อภิปรายผลการศึกษา	63
6.1 แบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา	63
6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแอ่งอยุธยากับรอยเลื่อนแม่ปิง	65
6.3 การเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของแอ่งอยุธยากับแอ่งบริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง และอ่าวไทย	66
6.3.1 การเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของแอ่งอยุธยากับแอ่งสุพรรณบุรี	66
6.3.2 การเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของแอ่งอยุธยากับแอ่งสงขลาบริเวณอ่าวไทย	67
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษา	73
7.1 ลำดับชั้นหินและตะกอนภายในพื้นที่แอ่งอยุธยา	73
7.2 ลักษณะโครงสร้างภายในพื้นที่แอ่งอยุธยา	73
7.3 วิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา	74
7.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย	75
7.5 การประยุกต์การใช้งานจากงานวิจัย	75
เอกสารอ้างอิง	76
ภาคผนวก	78

สารบัญรูปร่างภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนที่ภูมิประเทศและรอยเลื่อนบริเวณภาคกลางและภาคเหนือของไทย แสดงแนวการวางตัวและทิศทางการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนแม่ปิง และแอ่งตะกอนมหายุคซีโนโซอิกบริเวณภาคกลางและภาคเหนือของประเทศไทย	3
รูปที่ 1.2 บริเวณพื้นที่ศึกษาและแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน 2 มิติในบริเวณแอ่งอยุธยา	4
รูปที่ 2.1 แผนภาพลำดับการเกิดธรณีแปรสัณฐานในช่วงอายุยุคตีโวเนียนตอนปลายจนถึง ช่วงอายุมหายุคซีโนโซอิก ในบริเวณทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และบริเวณประเทศไทย	9
รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงทิศทางการเคลื่อนที่และแนวรอยต่อของแผ่นเปลือกโลกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแสดงทิศทางของแนวแรงที่กระทำต่อแผ่นเปลือกโลกในปัจจุบัน	10
รูปที่ 2.3 แผนที่ภูมิประเทศบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง และ พื้นที่ศึกษาแอ่งอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งแสดงลักษณะภูมิประเทศแบบที่ราบและมีแม่น้ำ ไหลผ่านลงมาจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้	11
รูปที่ 2.4 แผนที่แสดงระดับความสูงและแอ่งตะกอนมหายุคซีโนโซอิก บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง ตอนล่างและแสดงแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน 2 มิติและหลุมเจาะบริเวณ พื้นที่ศึกษาแอ่งอยุธยา	12
รูปที่ 2.5 แผนที่ประเทศไทยบริเวณพื้นที่ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แสดง (a) รอยเลื่อนและแอ่งแยก (rift basin) ที่สำคัญในยุคเทอร์เชียรี แนวหินแปร ความเร็วและทิศทางการเคลื่อนตัวของ GPS และการแตกของหลุมเจาะ (b) ภูมิประเทศและรอยเลื่อนแนวระดับ โดยใช้แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข	15
รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงการเกิดแอ่งแยก 2 รูปแบบ คือ แอ่งแยกมีแบบพลัง (active rifting) และแอ่งแยกแบบสถิตย (passive rifting)	19
รูปที่ 3.2 ลักษณะการเกิดโครงสร้างผกผันเชิงบวกและลำดับชั้นหิน A, pre-rift; B, syn-rift; C, post-rift. (a) แสดงการสะสมตัวของลำดับชั้นหินในแอ่งแยก ขณะเกิดการยืดตัวของแอ่งซึ่งการสะสมตัวของตะกอนจะเกิดขึ้นพร้อมรอยเลื่อนปกติ	20
รูปที่ 3.3 ลักษณะการเกิดการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนปกติที่สัมพันธ์กับการตกสะสมตัว	20
รูปที่ 3.4 แบบจำลองวิวัฒนาการของรอยเลื่อนแม่ปิงและแอ่งตะกอนมหายุคซีโนโซอิก ในขณะเกิดรอยเลื่อนแม่ปิงจนถึงปัจจุบัน	24

รูปที่ 3.5	แผนที่แสดงรอยเลื่อนซึ่งได้จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม และการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic anomalies) บริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง	25
รูปที่ 3.6	แผนภาพแสดงโครงสร้างและลำดับชั้นหินและวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งสงขลา บริเวณพื้นที่ฝั่งตะวันตกของอ่าวไทย	26
รูปที่ 3.7	ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM ซึ่งแสดงแนวการวางตัวของโครงสร้างเชิงเส้น และลักษณะพื้นที่ราบสลับภูเขา ครอบคลุมพื้นที่ 136,000 ตารางกิโลเมตร บริเวณพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย	27
รูปที่ 4.1	แผนภาพแสดงวิธีการศึกษางานวิจัย	34
รูปที่ 4.2	แผนภาพวิธีการศึกษาข้อมูลหลุมเจาะและการสร้างลำดับชั้นหินจากข้อมูล คลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติภายในพื้นที่แอ่งอยุธยา	35
รูปที่ 4.3	แผนภาพวิธีการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ และการนำออกข้อมูลจากการแปลความหมายเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง ในโปรแกรม Move™	35
รูปที่ 4.4	แผนภาพวิธีการสร้างแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูล คลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติโดยโปรแกรม Move™	36
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเวลา-ระดับความลึก และวิสัยความชันเพื่อใช้ในการแปลง มาตราส่วนแนวตั้งของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนจากหน่วยเวลา (วินาที) ให้อยู่ในหน่วย ระยะทาง (เมตร) จากข้อมูลหลุมเจาะและข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ	37
รูปที่ 4.6	รายงานข้อมูลหลุมเจาะ BP1-W04 แสดงข้อมูลชั้นหินและตะกอนภายในหลุมเจาะ BP1-W04 ระดับความลึก 0 ถึง 2,000 เมตร และสรุปการเจาะสำรวจหลุม BP1-W04 บริเวณพื้นที่แอ่งอยุธยา	38
รูปที่ 5.1	ลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติภายในแอ่งอยุธยา ซึ่งแสดง การเปรียบเทียบชั้นหินจากข้อมูลหลุมเจาะ BP1-W04 และข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093	43
รูปที่ 5.2	การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-051	45
รูปที่ 5.3	การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-033	46
รูปที่ 5.4	การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-003-2	47

รูปที่ 5.5 การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-011	48
รูปที่ 5.6 การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-013	49
รูปที่ 5.7 การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-001-2	50
รูปที่ 5.8 การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-093	51
รูปที่ 5.9 การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-018	52
รูปที่ 5.10 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 ก่อนทำการสมดุลงและทำการกลับสภาพเดิม	56
รูปที่ 5.11 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 หลังทำการสมดุลงและทำการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการ นำชั้นหินปิดทับหน่วย Post-rift I และ Post-rift II ออก (decompaction)	57
รูปที่ 5.12 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 หลังทำการสมดุลงและทำการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการ นำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-Inversion III ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อน เกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-Inversion III (unfolding method)	58
รูปที่ 5.13 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 หลังทำการสมดุลงและทำการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการ นำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-Inversion II และ III ออก และทำการย้อนสภาพเดิม ก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-Inversion II และ III	59
รูปที่ 5.14 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 หลังทำการสมดุลงและทำการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการ นำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-rift II ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิด ชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-rift II	60
รูปที่ 5.15 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 หลังทำการสมดุลงและทำการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการ กลับสภาพเดิมก่อนการเลื่อนตัวของรอยเลื่อน (Move on Fault) หน่วย Syn-rift I	61

รูปที่ 5.16 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการ กลับสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-rift I	62
รูปที่ 6.1 แบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา ช่วงเหตุการณ์แอ่งขยายช่วงต้น หรือ Early extensional phase และช่วงเหตุการณ์แอ่งขยายช่วงปลาย หรือ Late extensional phase	68
รูปที่ 6.2 แบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา ในช่วง Inversion phase และ Subsidence phase	69
รูปที่ 6.3 แผนภาพแสดงแนวการวางตัวของแอ่งตะกอนยุคเทอร์เชียรีในบริเวณ ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างและรอยเลื่อนแม่ปิง (Mae Ping fault)	70
รูปที่ 6.4 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการการเกิดแอ่งสุพรรณบุรี แอ่งอยุธยา และแอ่งพิษณุโลก ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง	71
รูปที่ 6.7 แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยากับเหตุการณ์ ธรณีแปรสัณฐานซึ่งแสดงช่วงเวลาการเกิดการแปรสัณฐานในช่วงยุคเพอร์เมียนจนถึงปัจจุบัน	72
ภาคผนวก	78

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงผลวิเคราะห์การทำสมดุและการกลับสภาพเดิม แนวการสำรวจ AY-018	53
ตารางที่ 2 แสดงผลวิเคราะห์การทำสมดุและการกลับสภาพเดิม แนวการสำรวจ AY-051	53
ตารางที่ 3 แสดงผลวิเคราะห์การทำสมดุและการกลับสภาพเดิม แนวการสำรวจ AY-003-2	54
ตารางที่ 4 แสดงผลวิเคราะห์การทำสมดุและการกลับสภาพเดิม แนวการสำรวจ AY-001-2	54
ตารางที่ 5 แสดงผลวิเคราะห์การทำสมดุและการกลับสภาพเดิม แนวการสำรวจ AY-093	55

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

มหายุคซีโนโซอิก (Cenozoic) เป็นช่วงเวลาการสะสมตัวของตะกอนในบริเวณแอ่งตะกอนมหายุคซีโนโซอิก (Cenozoic Basin) ซึ่งแอ่งตะกอนมหายุคซีโนโซอิกมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ เนื่องจากการสะสมตัวของตะกอนได้มีการสะสมและเกิดแหล่งพลังงานต่างๆ เช่น น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ (แอ่งฝาง แอ่งพิชญ์โลก) และแอ่งถ่านหิน (แอ่งลี้แอ่งแม่เมาะ) โดยแอ่งเหล่านี้พบกระจายตัวอยู่ตั้งแต่ภาคเหนือ ภาคกลาง และในอ่าวไทย (รูปที่ 1.1) การศึกษาธรณีวิทยาของแอ่งตะกอนมหายุคซีโนโซอิก สำหรับการสำรวจปิโตรเลียม นั้น นิยมใช้ข้อมูลธรณีวิทยาใต้ผิวดิน (subsurface geological data) เช่น ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ข้อมูลหลุมเจาะ เพื่อทำการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลโครงสร้างทางธรณีวิทยา ลำดับการสะสมตัวของชั้นตะกอนหรือชั้นหิน เป็นต้น โดยแอ่งอยุธยาเป็นแอ่งตะกอนแบบกึ่งกราเบน (half-graben basin) ที่เกิดในช่วงมหายุคซีโนโซอิก ตั้งอยู่ในบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง ครอบคลุมพื้นที่ 2,790 ตารางกิโลเมตรและลึกมากถึง 3 กิโลเมตร ธรณีวิทยาโครงสร้างภายในแอ่งอยุธยามีความซับซ้อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีแปรสัณฐานหลายรูปแบบ ดังนั้นการศึกษาข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ (two-dimensional Seismic data) และข้อมูลหลุมเจาะ จะสามารถสร้างแบบจำลองวิวัฒนาการการเกิดแอ่งอยุธยาและอธิบายเหตุการณ์ทางธรณีแปรสัณฐานในช่วงมหายุคซีโนโซอิกได้อย่างมีเหตุผลและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้าง และการลำดับชั้นหินในแอ่งอยุธยาโดยใช้ข้อมูลการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนแบบชนิด 2 มิติ
- จัดทำภาพตัดขวางพร้อมแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ลำดับวิวัฒนาการการเกิดแอ่ง จากข้อมูลการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ บริเวณแอ่งอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

1.3 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาคือแอ่งอยุธยา (Ayutthaya Basin) ตั้งอยู่ในเขตที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย (รูป 1.2) ซึ่งมีพิกัดอยู่ที่ ละติจูด (latitudes) $14^{\circ}00' N$ ถึง $14^{\circ}35' N$ และ ลองจิจูด (longitudes) $100^{\circ}30' E$ ถึง $100^{\circ}55' E$ โดยมีแนวการวางตัวอยู่ในทิศเหนือ-ใต้ ซึ่งแอ่งอยุธยาครอบคลุมจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทางฝั่งตะวันตกของจังหวัดสระบุรีและทางตอนเหนือจังหวัดปทุมธานี โดยมีพื้นที่ประมาณ 2,790 ตารางกิโลเมตร ซึ่งอ้างอิงจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:250,000 series1501 sheet ND47-8 (รูปที่ 1.2)

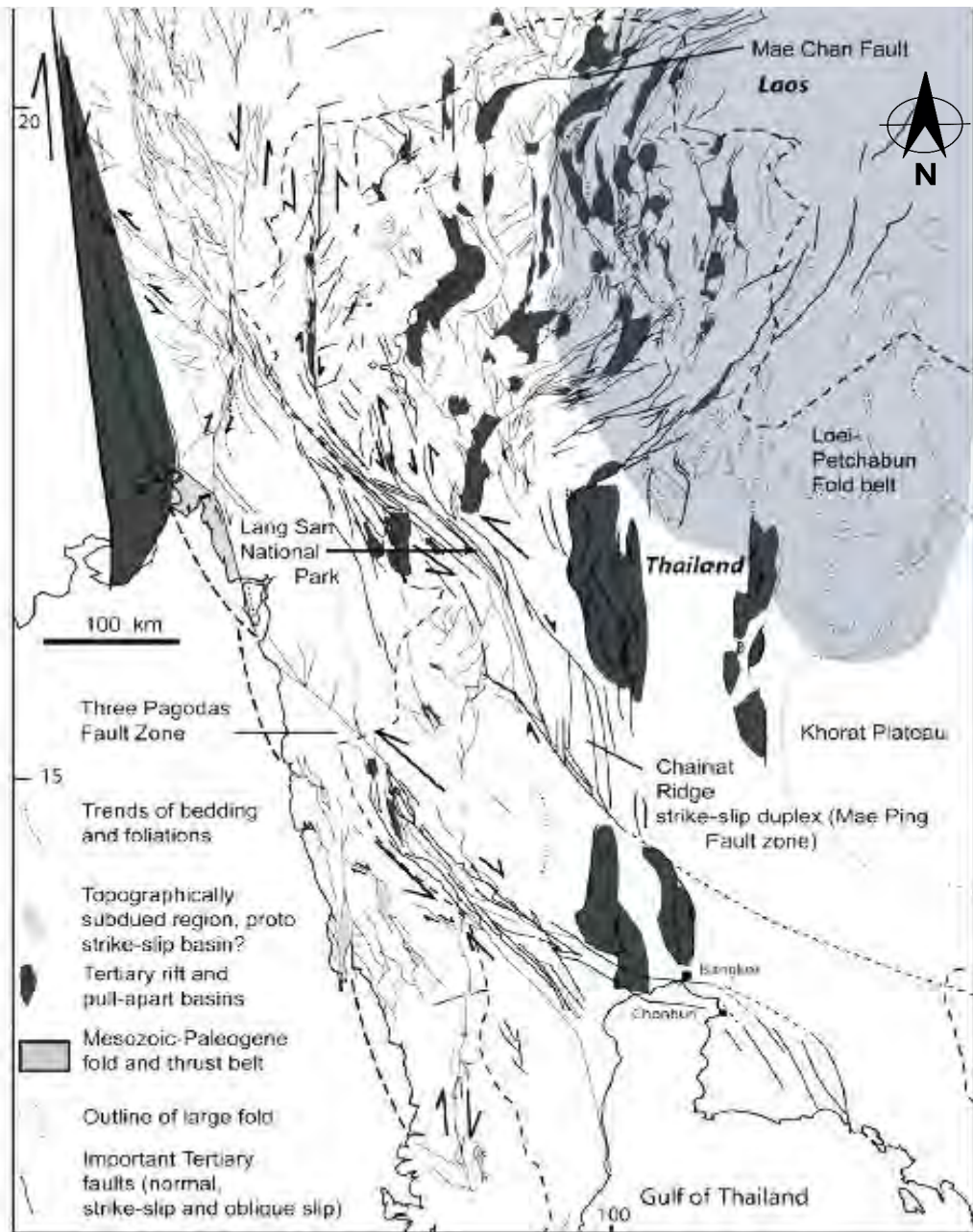
1.4 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยาแบ่งออกเป็นการศึกษา 2 ช่วงคือ

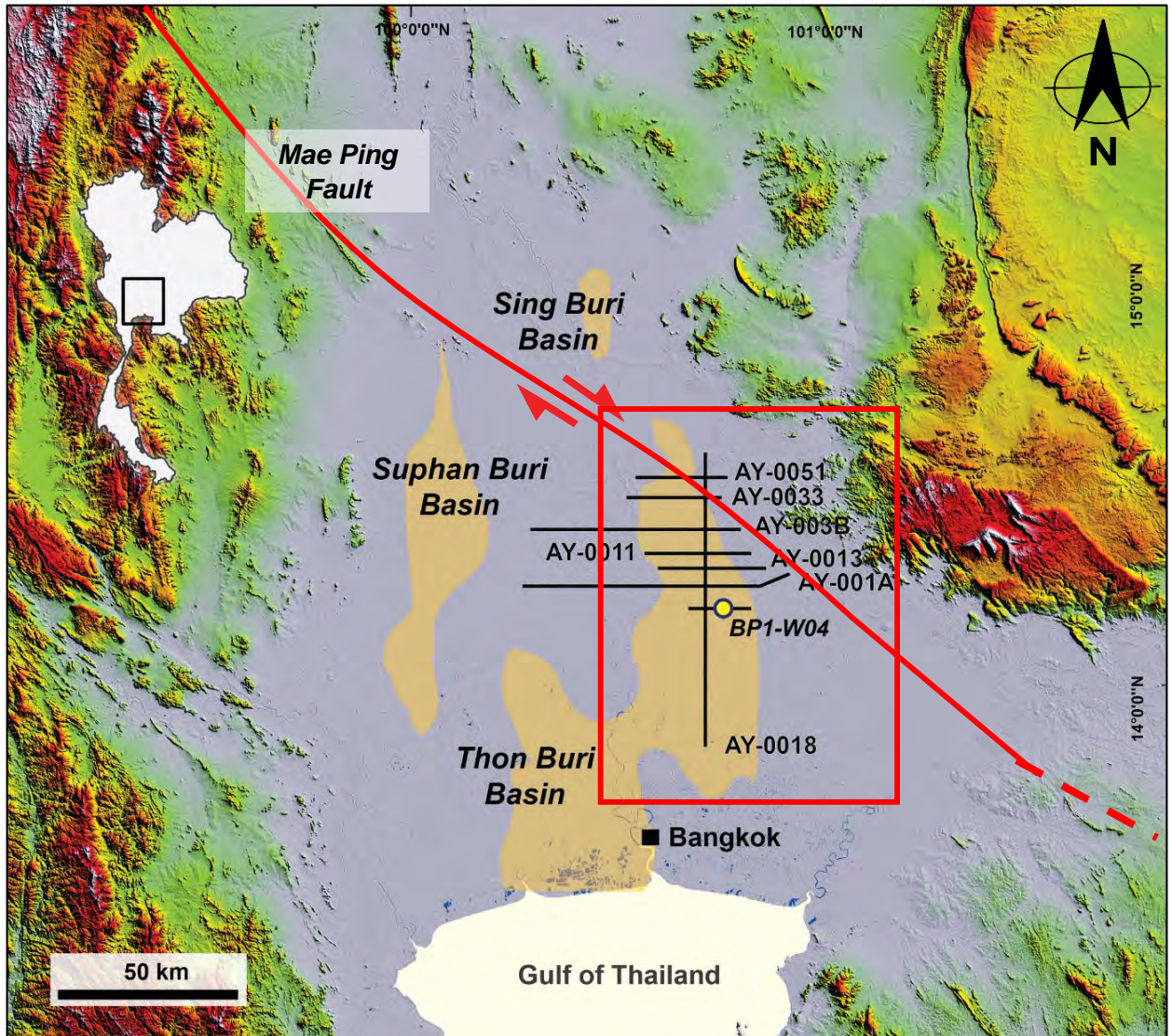
- ช่วงแรก การแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน 2 มิติ ซึ่งมีแนวการสำรวจอยู่บริเวณพื้นที่แอ่งอยุธยา หลังจากการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน จะได้ผลการแปลออกมาในรูปแบบภาพตัดขวางธรณีวิทยาบริเวณแอ่งอยุธยา
- ช่วงหลัง การสร้างแบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา ซึ่งข้อมูลที่ได้จะสามารถนำมาอธิบายวิวัฒนาการการเกิดแอ่งอยุธยา รวมถึงเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับเหตุการณ์ทางธรณีแปรสัณฐานในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางได้

1.5 โครงสร้างรายงาน

- **บทที่ 1 บทนำ** : ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย วัตถุประสงค์ พื้นที่ศึกษา และขอบเขตการศึกษา
- **บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป** : ข้อมูลธรณีวิทยาทั่วไปเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา ข้อมูลธรณีฐานพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง
- **บทที่ 3 แอ่งแยกและโครงสร้างผกผัน** : ลักษณะทั่วไปของแอ่งแยก กระบวนการเกิดและชนิดแอ่งแยก รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแอ่งแยกในประเทศไทย
- **บทที่ 4 ระเบียบวิธีวิจัย** : วิธีการและขั้นตอนการทำงานวิจัย วิธีการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล
- **บทที่ 5 ผลการศึกษา** : ผลจากการแปลข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนและการทำการสมมูลและการกลับสภาพเดิมของแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน
- **บทที่ 6 อภิปรายผล** : เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างแอ่งและอธิบายแบบจำลองการเกิดแอ่ง
- **บทที่ 7 สรุปผลการศึกษา** : สรุปผลที่ได้จากงานวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต



รูปที่ 1.1 แผนที่ภูมิประเทศและรอยเลื่อนบริเวณภาคกลางและภาคเหนือของไทย แสดงแนวการวางตัวและทิศทางการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนแม่ปิง (Mae Ping fault Zone) แอ่งตะกอนมหายุคซีโนโซอิก (ดัดแปลงจาก Morley *et al.*, 2007) บริเวณภาคกลางและภาคเหนือของประเทศไทย



รูปที่ 1.2 บริเวณพื้นที่ศึกษาและแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน 2 มิติในบริเวณแอ่งอยุธยา โดยแสดงแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน 2 มิติ และหลุมเจาะ บริเวณแอ่งอยุธยา โดยแสดงลักษณะการวางตัวของแอ่งในแนวการวางตัวเหนือ-ใต้ และวางตัวผ่านรอยเลื่อนแม่ปิง ซึ่งวางตัวในแนวการวางตัวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE)

บทที่ 2

ธรณีวิทยาทั่วไป

ธรณีวิทยาทั่วไปที่จะกล่าวถึงในบทนี้ ครอบคลุมตั้งแต่พื้นที่ประเทศไทยไปจนถึงพื้นที่ศึกษา ในเรื่องของ ธรณีแปรสัณฐาน การลำดับชั้นหิน และธรณีวิทยาโครงสร้าง โดยรายละเอียดทั้งหมดของบทนี้จะสามารถช่วยให้ เกิดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับธรณีวิทยาต่างๆที่เชื่อมโยงกับงานวิจัย ซึ่งเนื้อหาทั้งหมดจะถูกใช้อ้างอิงในการ อภิปรายและสรุปผลในบทต่อไป

2.1 ธรณีวิทยาทั่วไปของประเทศไทย

ในพื้นที่ประเทศไทยนั้นประกอบไปด้วยแผ่นอนุทวีปฉานไทย และแผ่นอนุทวีปอินโดจีน ซึ่งทั้งสองแผ่นนั้น ต่างเกิดการเคลื่อนที่เข้าหากัน (convergence plate motion) จึงทำให้เกิดการชนกันของแผ่นอนุทวีปทั้งสอง ในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนปลาย (late Permian) ในบริเวณตอนกลางของประเทศไทยในปัจจุบัน และการชนกันได้ สิ้นสุดลงในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนปลาย (late Triassic) (รูป 2.1) ซึ่งหลังจากนั้นในยุคครีเทเชียส แผ่นอนุทวีป พม่าตะวันตก (Western Burma) ได้เคลื่อนที่มาชนกับฝั่งตะวันตกของแผ่นอนุทวีปฉานไทย และหลังจากนั้นในยุค พาลีโอจีน แผ่นเปลือกโลกอินเดีย (Indian Plate) เคลื่อนที่เข้ามาในทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของแผ่นเปลือกโลก ยูเรเชีย (Eurasia Plate) และได้เกิดการชนกัน จากการชนกันครั้งนี้ส่งผลทำให้ชั้นหินต่างๆในประเทศไทยถูกแรง บีบอัดและเกิดการคดโค้งของเทือกเขาในภาคเหนือ และเกิดการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อนใน ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ- ตะวันออกเฉียงใต้ ยกตัวอย่างเช่น รอยเลื่อนแม่ปิง รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และแนวรอยเลื่อนในทิศตกเฉียงใต้- ตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น รอยเลื่อนระนอง-คลองมะรุ่ย และรวมถึงการเกิดหินภูเขาไฟทางด้านตะวันตกของ ประเทศไทย

การเกิดวิวัฒนาการการเกิดธรณีแปรสัณฐานในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิกนั้น จะส่งผลทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงอย่างมากต่อการเกิดลักษณะทางธรณีวิทยา และลักษณะภูมิประเทศต่างๆ ของประเทศไทย ซึ่งการ เกิดธรณีแปรสัณฐานช่วงมหายุคพาลีโอโซอิก ได้เกิดขึ้นตั้งแต่ยุคไซลูเรียนจนถึงตอนปลายของยุคเพอร์เมียน ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการชนกันของแผ่นอนุทวีปฉานไทยกับแผ่นอนุทวีปอินโดจีน ซึ่งแผ่นอนุทวีปอินโดจีน เคยเป็นส่วน หนึ่งของแผ่นดินคอนดัวนาซึ่งอยู่บริเวณซีกโลกใต้ และจากนั้นเกิดการแยกตัวออกมาในช่วงยุคดีโวเนียน โดยพบ หลักฐานที่บ่งบอกว่าเกิดการสะสมตัวในมหาสมุทรจากซากดึกดำบรรพ์เรดิโอเรียในชั้น หินเชิร์ต (Metcraft, 1997; Hada et al., 1997)

ซึ่งต่อมาในช่วงยุคดีโวเนียนตอนปลายถึงคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น ได้เกิดการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก ภาคพื้นสมุทรซึ่งรองรับทะเลโบราณพาลีโอเทธิส (Paleo-tethys) มุดตัวลงไปได้แผ่นอนุทวีปอินโดจีน ก่อนที่จะ เกิดการชนกันของแผ่นอนุทวีปอินโดจีนกับแผ่นอนุทวีปจีนใต้ซึ่งอยู่ถัดไปทางฝั่งตะวันออก และทำให้เกิดเป็นแนว ภูเขาไฟตามขอบของแผ่นอนุทวีปอินโดจีนทางฝั่งตะวันออก โดยในช่วงเวลาเดียวกันนั้นก็เกิดการแทรกดันตัวของ หินหนืดบริเวณศูนย์กลางรอยแยกระหว่างแผ่นอนุทวีปฉานไทยและแผ่นอนุทวีปอินโดจีน

ในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนต้น เกิดการแยกตัวของแผ่นอนุทวีปอินโดจีนขึ้นบริเวณขอบแผ่น ทำให้เกิดเป็น แอ่งสะสมตะกอนหลังแนวภูเขาไฟ (back-arc basin) ในขณะเดียวกันในส่วนของแผ่นอนุทวีปฉานไทยได้มีการ

แยกตัวออกมาจากแผ่นทวีปคอนวานาเกิดเป็นทะเลโบราณมีโซเทธิส(Meso-Tethys) ทำให้ในช่วงเวลาขณะนั้นได้ประกอบด้วยแผ่นอนุทวีปที่สำคัญต่อการเกิดประเทศไทย ได้แก่ แผ่นอนุทวีปอินโดจีน แผ่นอนุทวีปฉานไทย และแนวภูเขาไฟสุโขทัย (Sukhothai arc) โดยในช่วงเวลาดังกล่าว ตำแหน่งของแผ่นอนุทวีปเหล่านี้ไม่ได้ยึดติดกัน โดยแผ่นอนุทวีปอินโดจีนตั้งอยู่บริเวณแนวเส้นศูนย์สูตรเมื่อเทียบกับตำแหน่งเส้นศูนย์สูตรในปัจจุบัน และตำแหน่งของแผ่นอนุทวีปฉานไทยตั้งอยู่บริเวณซีกโลกใต้ของโลกเมื่อเทียบกับตำแหน่งในปัจจุบัน การที่ขอบแผ่นอนุทวีปอินโดจีนมีลักษณะเป็นไหล่ทวีปลาดลงไปใต้อ่างสะสมตะกอนหลังแนวภูเขาไฟและด้วยตำแหน่งที่ตั้งอยู่ในแถบที่มีสภาพอากาศร้อน ทำให้มีการสะสมตัวของตะกอนคาร์บอเนตขึ้น ปรากฏให้เห็นเป็นลักษณะลานหินคาร์บอเนต (carbonate platform) จากนั้นเกิดการขยายตัวของทะเลโบราณมีโซเทธิสทำให้แผ่นอนุทวีปฉานไทยเริ่มมีการเคลื่อนตัวขึ้นมาจากทางซีกโลกใต้ เข้ามาใกล้แผ่นอนุทวีปอินโดจีนซึ่งอยู่บริเวณเส้นศูนย์สูตรมากขึ้นเรื่อยๆ การเคลื่อนตัวเข้าใกล้นี้ทำให้บางส่วนของทะเลโบราณมหาสมุทรโอโซอิกมีการมุดตัวเกิดการสะสมตะกอนแบบพอกพูน (accretionary prism) จนกระทั่งถึงช่วงยุคเพอร์เมียนตอนปลายอ่างสะสมตะกอนหลังแนวภูเขาไฟก็มีการปิดแอ่ง เนื่องจากแผ่นอนุทวีปอินโดจีนและแนวภูเขาไฟสุโขทัยเริ่มมีการเคลื่อนที่เข้าใกล้กัน การเคลื่อนที่เข้าใกล้กันนี้ทำให้เกิดการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกภาคพื้นทะเลบริเวณหลังแนวภูเขาไฟลงใต้แนวภูเขาไฟสุโขทัย ช่วงยุคไทรแอสซิกตอนต้นจนถึงตอนกลาง เป็นช่วงที่มีการชนกันของแผ่นอนุทวีปอินโดจีนกับแนวภูเขาไฟสุโขทัย ทำให้มีลักษณะของแนวภูเขาไฟเกิดขึ้นเป็นลักษณะเด่น และในช่วงยุคไทรแอสซิกเกิดการชนกันของแผ่นอนุทวีปฉานไทยกับแนวภูเขาไฟสุโขทัยและแผ่นอนุทวีปอินโดจีน ทำให้แผ่นอนุทวีปฉานไทยมีการมุดตัวลงใต้แนวภูเขาไฟสุโขทัย และแผ่นอนุทวีปอินโดจีน จนกระทั่งถึงยุคจูแรสซิกตอนต้นการมุดตัวสิ้นสุดและทะเลโบราณมหาสมุทรโอโซอิกปิดตัวลง ทำให้แผ่นอนุทวีปฉานไทย แนวภูเขาไฟสุโขทัยและแผ่นอนุทวีปอินโดจีนขึ้นรวมเป็นแผ่นทวีปพื้นเดียวกัน ซึ่งกระบวนการชนกันนี้ เกิดจากการขยายตัวของทะเลโบราณมหาสมุทรโอโซอิก (รูปที่ 2.1)

ต่อมาในช่วงมหายุคซีโนอิกเป็นช่วงเวลาของการเกิดร่องทรุดของทวีปเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ การเกิดแอ่งแยก (Rift basin) และการเกิดธรณีแปรสัณฐานยุคควอเทอร์นารี ซึ่งมักจะพบเป็นแอ่งตะกอนมหายุคซีโนอิกที่เกิดสะสมตัวอยู่บนแผ่นดิน โดยแอ่งต่างๆเกิดจากอิทธิพลของธรณีวิทยาโครงสร้างจากยุคนี้ โดยการเกิดธรณีแปรสัณฐานนั้นมีความสัมพันธ์กับการชนกันระหว่างแผ่นสมุทรอินเดียกับแผ่นทวีปเอเชียในช่วงยุคอีโอซีนตอนต้น (Patriat and Achache, 1984) ส่งผลทำให้เกิดการหมุนตัวตามเข็มนาฬิกาของแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน รอยเลื่อนแม่น้ำแดง (Red River Fault) และรอยเลื่อนแม่ปิง (Mae Ping Fault) ได้หยุดเคลื่อนที่และพร้อมทำให้เกิดการหยุดการหมุนตัวตามเข็มนาฬิกาของแผ่นจีนใต้ (Tapponier et al., 1986) ทำให้เกิดการดันตัวสูงขึ้นของแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์ อีกทั้งยังส่งผลทำให้เกิดการยกตัวของเทือกเขาภูพานและพนมดงรักตามบริเวณกลางแอ่งโคราช (Sattayarak and Polachan, 1990) และหลังจากนั้นทวีปเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ได้เกิดการผ่อนคลายของแรง (relaxing stage) โดยผลทำให้บริเวณทางด้านตะวันตกเกิดเป็นแอ่งที่ไม่ชัน พร้อมกับการสะสมตัวของตะกอนภายในแอ่งยุคเทอร์เชียรี โดยการพัฒนาตัวของแอ่งนั้นเกิดจากรอยเลื่อนปกติในแนวเหนือใต้ เนื่องมาจากเปลือกโลกในช่วงระยะนี้เกิดการขยายตัวเกือบขนานกับแอ่งลึกกันสมุทรขวาในปัจจุบัน อันเกิดจากการเคลื่อนตัวของแผ่นสมุทรมุดตัวเข้าไปใต้ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งในปัจจุบันมีการมุดตัวด้วยอัตราเคลื่อนที่ 5 เซนติเมตรต่อปี (รูปที่ 2.2)

2.2 ลักษณะทางกายภาพบริเวณพื้นที่ศึกษา

แอ่งอุษยาเป็นแอ่งที่เกิดบริเวณบนพื้นทวีปในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย ซึ่งเป็นพื้นที่ราบที่มีระดับความสูงของพื้นที่โดยรวมอยู่ที่ระดับความสูง 2 ถึง 20 เมตร จากระดับน้ำทะเลปัจจุบัน โดยพื้นที่ด้านเหนือจะมีความสูงที่สูงกว่าทางด้านใต้ โดยแอ่งอุษยาจะมีลักษณะโครงสร้างของแอ่งเป็นแบบกึ่งกราเบน และมีแนวการวางตัวในทิศเหนือ-ใต้

บริเวณโดยรอบแอ่งอุษยาซึ่งอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางจะมีการเกิดระบบทางน้ำ 2 ระบบ คือ ระบบทางน้ำประสานสาย (braided stream) และระบบทางน้ำโค้งตัว (meandering stream) ซึ่งจะพบเนินตะกอนรูปพัดในพื้นที่ศึกษาบริเวณทางฝั่งตะวันตกของพื้นที่ เนื่องมาจากระดับความสูงที่สูงกว่าทางฝั่งตะวันออก โดยแม่น้ำสายหลักที่พบในพื้นที่ศึกษาได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำป่าสัก และแม่น้ำลพบุรี ซึ่งทั้ง 3 แม่น้ำนั้นเป็นตัวนำตะกอนต่างๆไหลลงสู่แอ่งอุษยา และมีแนวการไหลจากเหนือลงใต้ ตามลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทย (รูปที่ 2.4)

2.3 ธรณีสัณฐานบริเวณพื้นที่ศึกษา

บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางมีพื้นที่ครอบคลุมทั้งหมดประมาณ 62,000 ตารางกิโลเมตร โดยสามารถแบ่งพื้นที่ย่อยได้ทั้งหมด 3 พื้นที่ย่อยด้วยกันคือ บริเวณแอ่งพิษณุโลกหรือบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบน บริเวณพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์หรือบริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนกลาง และแอ่งเจ้าพระยาหรือบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างซึ่งพื้นที่ศึกษาจะมีพื้นที่อยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง

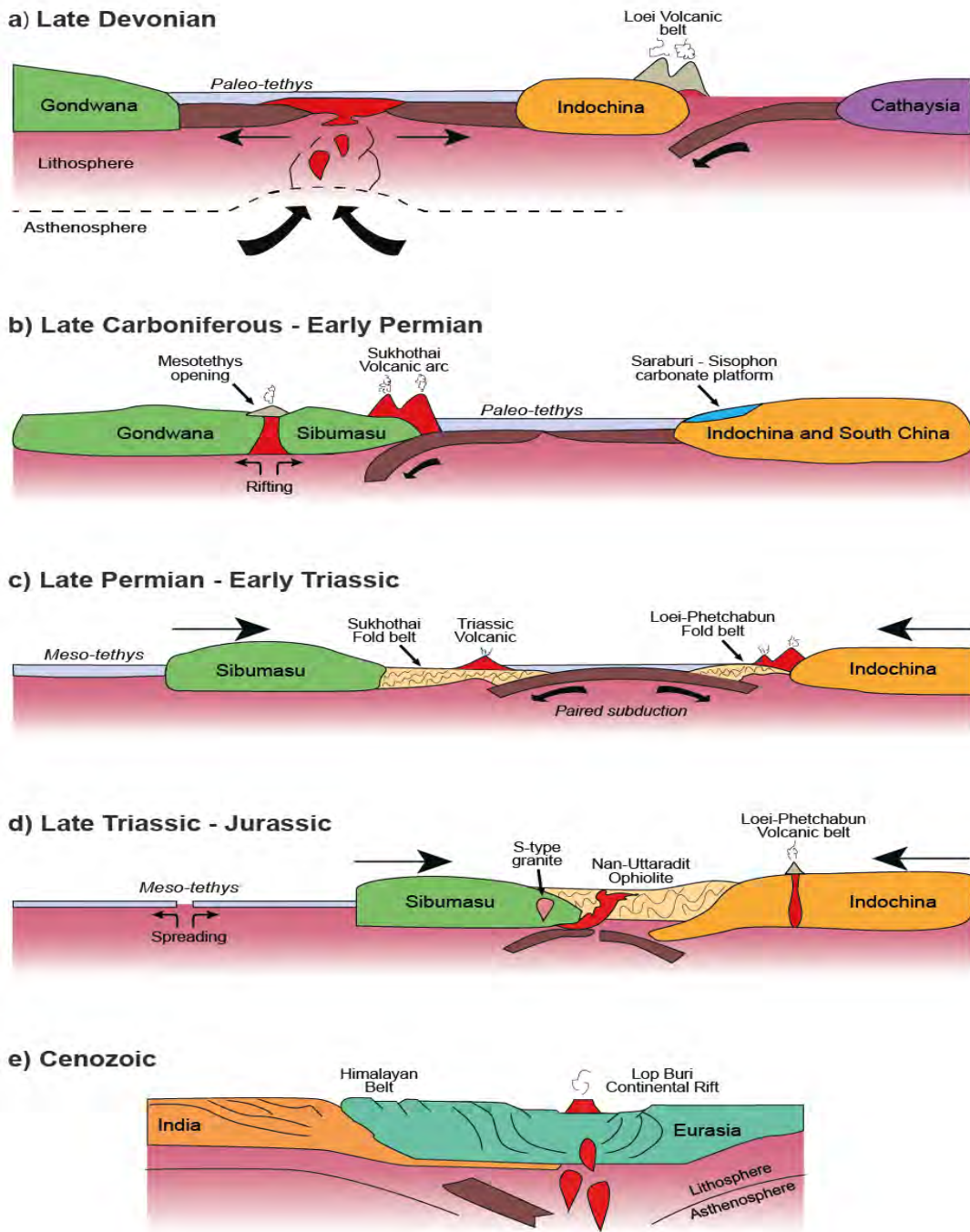
โดยลักษณะทางธรณีสัณฐานบริเวณพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งได้ทั้งหมด 3 สัณฐาน ได้แก่ บริเวณพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (floodplain) บริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ (delta plain) และบริเวณเนินตะกอนน้ำพารูปพัด (alluvial Fan)

2.3.1 บริเวณพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง มีความกว้างมากอยู่ตลอดแนวแม่น้ำสายหลัก โดยบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงประกอบไปด้วย แนวคันดินธรรมชาติ (national levee) และ ที่ลุ่มหลังคันดิน (back swamp) ซึ่งแนวคันดินธรรมชาติประกอบไปด้วยดินเหนียวและดินเหนียวปนทราย ซึ่งวางตัวอยู่ตลอดแนวแม่น้ำสายหลักและมีความสูงประมาณ 2-3 เมตรจากแม่น้ำ, ที่ลุ่มหลังคันดิน เป็นบริเวณพื้นที่หลักของการสะสมตัวของตะกอนดินเหนียวหนาประมาณ 1 เมตร ซึ่งจะอยู่ในบริเวณการสะสมตัวของแม่น้ำ

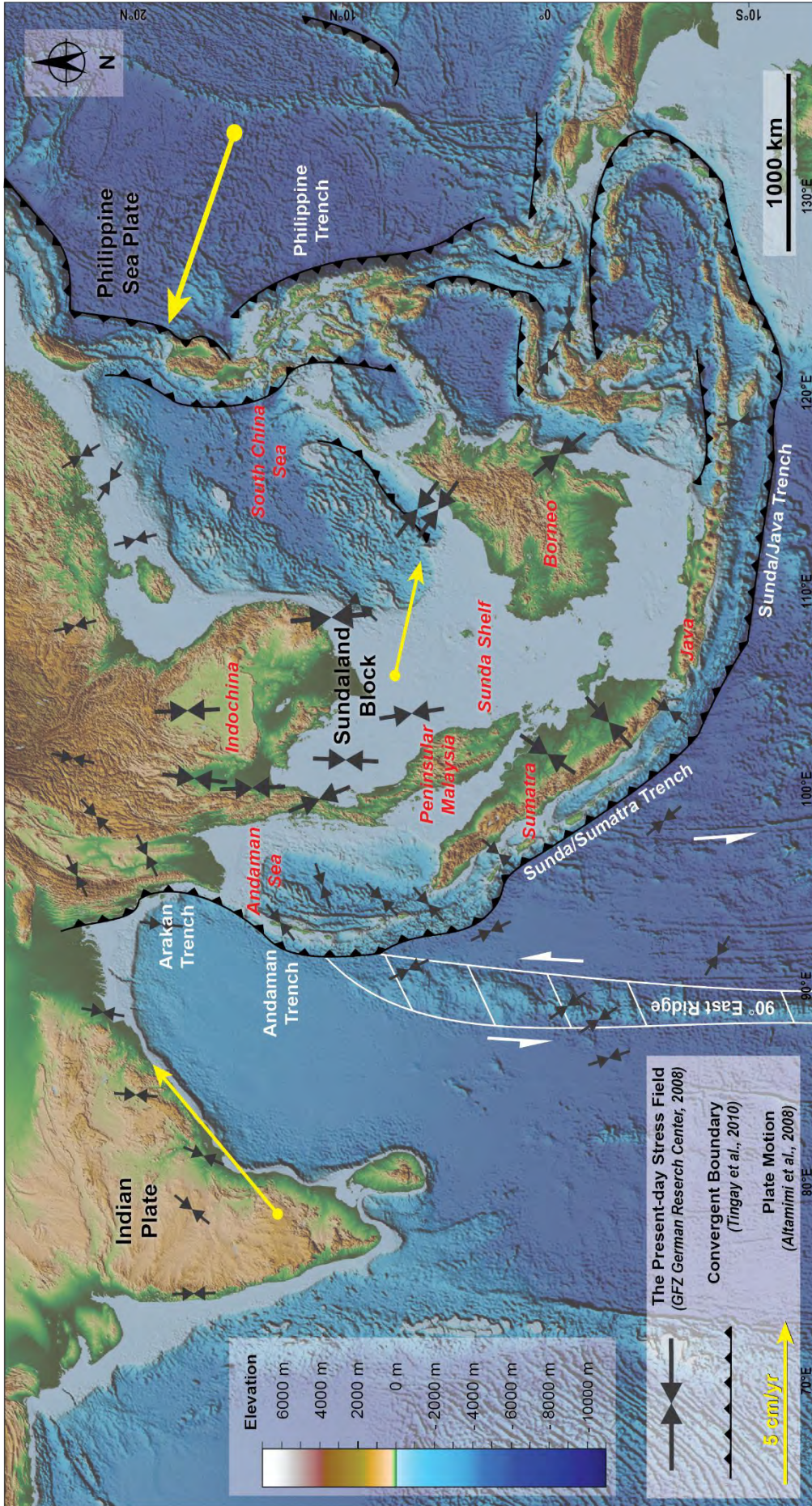
2.3.2 บริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ เป็นบริเวณที่มีลักษณะแบนราบหรือมีเป็นแนวราบมุมต่ำในบริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนกลาง ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมโดยจะพบตามบริเวณเทือกเขาฝั่งตะวันตกของพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง โดยดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำมีความกว้างประมาณ 140 กิโลเมตรและมักจะพบบริเวณทางด้านเหนือมากกว่าด้านใต้ของพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง และมีระดับความสูงตั้งแต่ประมาณ 2 เมตร จนถึง 5 เมตร จากระดับน้ำทะเล โดยในบริเวณฝั่งตะวันตกของจังหวัดอุษยามีความสูงของดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำสูงกว่าบริเวณพื้นที่โดยรอบซึ่งมีค่าระดับความสูงอยู่ที่ 4 เมตร จากระดับน้ำทะเล การสะสมตัวของตะกอนบริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ พบการสะสมตัวของชั้นตะกอนดินสีดําแทรกสลับกับชั้น

ตะกอนดินปนทรายชั้นบางมีเศษไม้ปะปน นอกจากนี้ยังมีการสะสมตัวของตะกอนดินจากทะเล (marine clay deposits) ซึ่งมีลักษณะเป็นดินเหนียวสีขาวถึงสีเทาอ่อน แทรกสลับกับชั้นทรายชั้นบางที่ประกอบไปด้วยเศษหอย (shells-fragment)

2.3.3 บริเวณเนินตะกอนน้ำพารูปพัด พบอยู่ตามบริเวณขอบของที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งพบว่ามีการเกิดส่วนมากอยู่ทางฝั่งตะวันตกของพื้นที่ แต่จะมีขนาดที่เล็กกว่าทางฝั่งตะวันออกของพื้นที่ศึกษา ซึ่งทางฝั่งตะวันตกของพื้นที่เป็นเนินตะกอนน้ำพารูปพัดเก่าตอนเจดีย์ ซึ่งเนินตะกอนน้ำพารูปพัดมีความสูงอยู่ระหว่าง 2-4 เมตร จากระดับน้ำทะเล และมีพื้นที่ผิวแบบเนินที่ราบลูกฟูก (undulating form) ซึ่งมีแม่น้ำสายย่อยๆไหลผ่านทางฝั่งตะวันออกของพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางจะพบเนินตะกอนรูปพัดป่าสัก ซึ่งมีขนาดที่ใหญ่กว่าทางฝั่งตะวันตกของพื้นที่ และมีความสูงประมาณ 4-40 เมตรจากระดับน้ำทะเล ซึ่งมีพื้นที่ผิวด้านบนเป็นแบบที่ราบลูกฟูก ซึ่งตะกอนของเนินตะกอนรูปพัดจะประกอบไปด้วยชั้นดินเหนียว ดินดาน หรือดินทรายแบ่งเป็นส่วนใหญ่ บริเวณชั้นบนของเนินตะกอนจะพบการสะสมตัวของชั้นตะกอนหนา 1 เมตร ซึ่งประกอบไปด้วยตะกอนทรายขนาดละเอียดถึงหยาบ (fine to coarse sand) บริเวณชั้นล่างของเนินตะกอนจะพบลักษณะของศิลาแลง ซึ่งเป็นชั้นหนา ประมาณ 5-15 เซนติเมตร



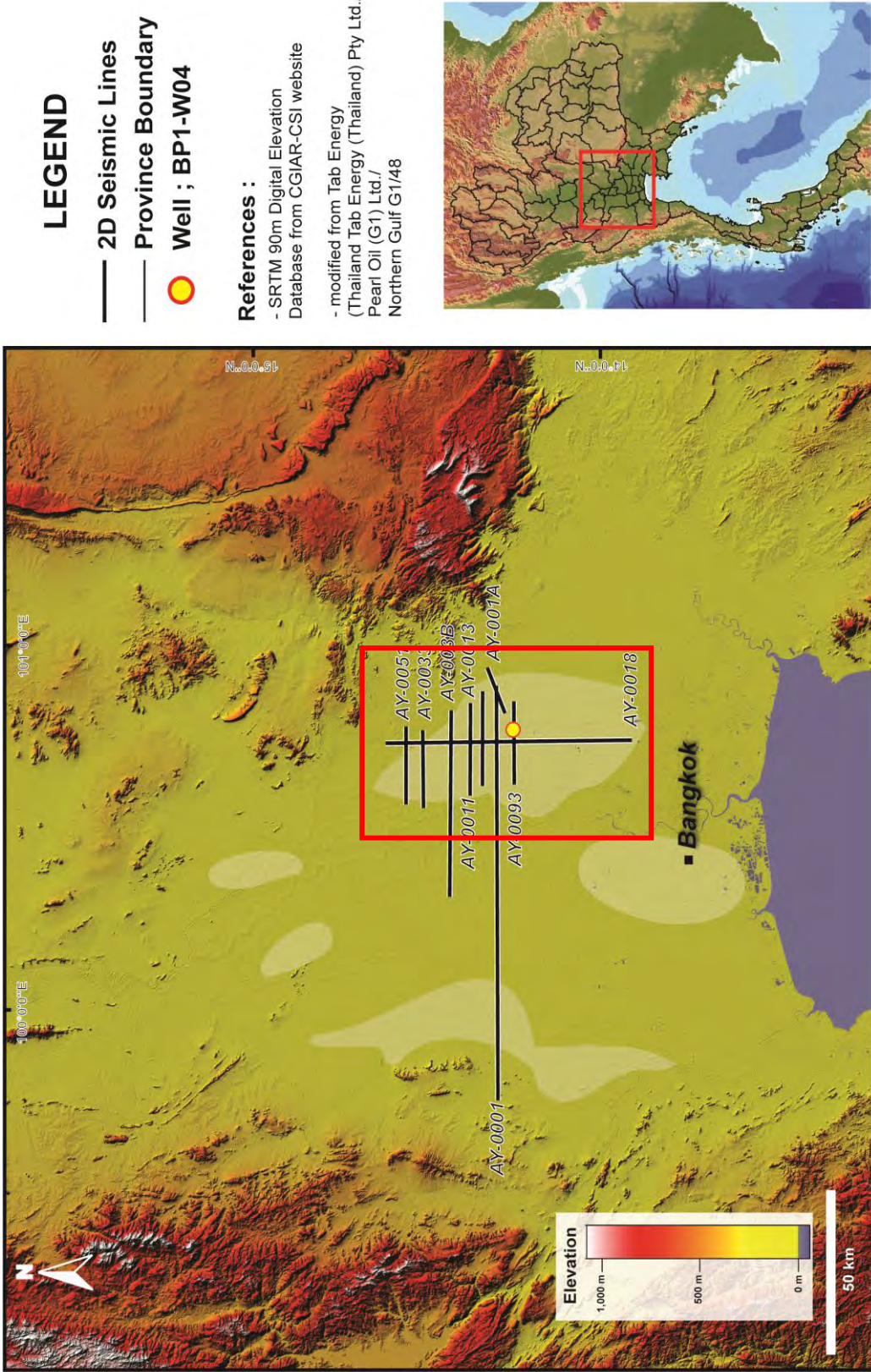
รูปที่ 2.1 แผนภาพลำดับการเกิดธรณีแปรสัณฐานในช่วงอายุยุคไดโวเนียนตอนปลายจนถึงช่วงอายุมหายุคซีโนโซอิก ในบริเวณทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และบริเวณประเทศไทย a) การแยกออกของอนุทวีปอินโดจีนช่วงยุคไดโวเนียนตอนปลาย b) แผ่นอนุทวีปฉานไทยได้มีการแยกตัวออกจากแผ่นทวีปกอนวานาเกิดเป็นทะเลโบราณมีโซเทติส (Meso-Tethys) c) การชนกันของแผ่นอนุทวีปอินโดจีนกับแนวภูเขาไฟสุโขทัยในยุคเพอร์เมียนตอนปลาย ทำให้มีลักษณะของแนวภูเขาไฟเกิดขึ้นเป็นลักษณะเด่น d) การมุดตัวสิ้นสุดและทะเลโบราณมหายุคพาลีโอโซอิกปิดตัวลงในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนต้น e) ธรณีแปรสัณฐานมหายุคซีโนโซอิกเกิดการยึดตัวของเปลือกโลก ทำให้เกิดแอ่งสะสมตะกอน (ดัดแปลงจาก Intrasopa,1993)



รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงทิศทางการเคลื่อนที่และแนวรอยต่อของแผ่นเปลือกโลกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแสดงทิศทางของแนวแรงที่กระทำต่อแผ่นเปลือกโลกในปัจจุบัน (ลูกศรสีเหลือง) (ดัดแปลงจาก Tingay et al., 2010)



รูปที่ 2.3 แผนที่ภูมิภาคที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง (The Lower Central Plain of Thailand) และพื้นที่ศึกษาแอ่งอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งแสดงลักษณะภูมิประเทศแบบที่ราบและมีแม่น้ำไหลผ่านจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ (Google Earth, 2013)



รูปที่ 2.4 แผนที่แสดงระดับความสูงและแอ่งตะกอนทรายซีโนโซอิก บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างและแสดงแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน 2 มิติ และหลุมเจาะบริเวณพื้นที่ศึกษาแอ่งอยุธยา

2.4 ธรณีวิทยาทั่วไปบริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง

ที่ราบลุ่มภาคกลางเกิดจากการเคลื่อนไหวของรอยเลื่อนใหญ่ ได้แก่ รอยเลื่อนแม่ปิง รอยเลื่อนอุตรดิตถ์ (น้ำปาด) และรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ โดยเกิดในยุคครีเทเชียสตอนปลายถึงยุคโอลิโกซีนตอนปลาย ซึ่งต่อเนื่องจากการเปิดของอ่าวไทยทางใต้และการเกิดแอ่งตะกอนมหาสมุทรไซโนโซอิกในบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกตอนบน และตามด้วยการเกิดรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ (Bunopas, 1981) การสะสมตัวเกิดขึ้นบนบกแบบเนินตะกอนน้ำพารูปพัด ที่ราบตะกอนน้ำพา ทางน้ำ ทะเลสาบ และแบบกึ่งทางน้ำกับทะเลสาบ

2.4.1 ลำดับชั้นหินบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง สามารถแบ่งลำดับชั้นหินได้จากหินโผล่ทางฝั่งตะวันตกและตะวันออกของพื้นที่ โดยจะสามารถแบ่งลำดับชั้นหินได้ 5 หน่วยหิน และ 2 หน่วยตะกอน คือ

หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่าง หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน ประกอบด้วย หินทัฟฟ์ บริเวณเขาหลวงด้านตะวันตกของอำเภอเมืองนครสวรรค์ หินปูนบริเวณเขาขาด เขามโน ในเขตอำเภอสลกบาตร จังหวัดกำแพงเพชร นอกจากนี้ยังมีหินเชิร์ต ที่บริเวณอำเภอขามเฒ่าลี้บุรี จังหวัดกำแพงเพชร และบริเวณเขาเล็ก ๆ ด้านทิศใต้ของจังหวัดนครสวรรค์ และนอกจากนั้นยังพบเป็นแนวเขาสั้น ๆ บริเวณขอบแอ่งเจ้าพระยาด้านตะวันตก

หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบนยุคคาร์บอนิเฟอรัส ส่วนใหญ่เป็นหินทรายสีแดง มีหินดินดาน และหินทรายแป้งสีแดงแทรกสลับ พบบริเวณอำเภอตากาลี จังหวัดนครสวรรค์ และบริเวณจังหวัดชัยนาท เช่น หินทรายบริเวณเขาตากาลี อำเภอตากาลี เป็นต้น

หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบนยุคเพอร์เมียน เป็นเขาโดด หรือต่อเป็นแนวสั้น ๆ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณด้านตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ แนวบ้านไร่-ทับทัน จังหวัดอุทัยธานี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินปูน หินดินดานและหินทราย ส่วนอีกแนวหนึ่งคือ แนวนครสวรรค์-ลพบุรี ประกอบด้วยหินทราย หินดินดานและหินปูน

หินมหายุคมีโซโซอิกตอนต้น เป็นหินตะกอนภูเขาไฟแทรกสลับกับหินปูน ซึ่งถูกปิดทับแบบไม่ต่อเนื่องด้วยชั้นหินแดงของกลุ่มหินโคราช หินเหล่านี้วางตัวในแนวประมาณทิศเหนือ-ใต้ บริเวณขอบที่ราบภาคกลางด้านตะวันออก และพบอยู่น้อยมากบริเวณขอบด้านตะวันตก

หินมหายุคซีโนโซอิกยุคเทอร์เชียรี จากบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางพบถูกปิดทับโดยตะกอนควอเทอร์นารีทั้งแอ่ง ข้อมูลทางธรณีวิทยาจึงได้มาจากการเจาะสำรวจและข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์ พบเป็นแอ่งขนาดใหญ่ 3 แอ่ง คือ แอ่งพิษณุโลก แอ่งสุพรรณบุรี และแอ่งธนบุรี โดยในแต่ละแอ่งยังสามารถแบ่งเป็นแอ่งย่อยได้อีกหลายแอ่ง โดยตัวแอ่งด้านเหนือและใต้ถูกขนาบด้วยแนวรอยเลื่อนแม่ปิงแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้และรอยเลื่อนอุตรดิตถ์แนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งต่างก็เป็นรอยเลื่อนตามแนวระดับ

ตะกอนยุคควอเทอร์นารีสมัยไพลสโตซีน ส่วนใหญ่พบอยู่ตามบริเวณที่ราบลุ่มเจ้าพระยา มีความหนาของชั้นตะกอนประมาณ 650 เมตร ถึง 1,830 เมตร ซึ่งสะสมตัวอย่างต่อเนื่องอยู่ในแอ่งของบล็อกรอยเลื่อนที่จมตัวลงอย่างช้า ๆ จากลักษณะของตะกอนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 หน่วยชั้นตะกอน ได้แก่ 1) หน่วยชั้นตะกอนเจ้าพระยา ประกอบด้วย ตะกอนชุดสมุทรปราการ อยู่ล่างสุดเป็นชั้นหินโคลนวางตัวอยู่บนหินดินดานสีแดงอายุเทอร์เชียรี ตะกอนชุดพระนคร เป็นชั้นทรายสลับชั้นดินเหนียว วางตัวแบบรอยสัมผัสไม่ต่อเนื่องบนชั้นตะกอนชุด

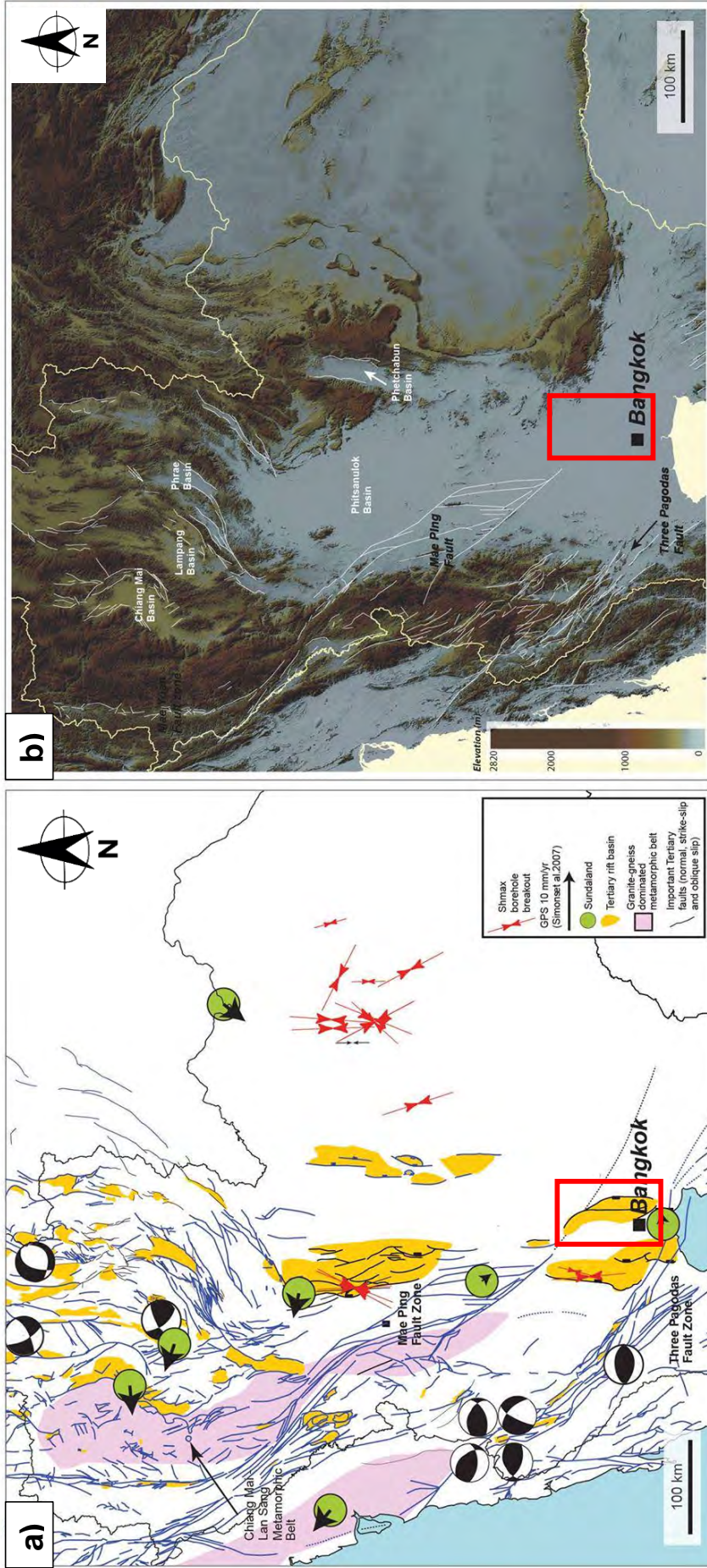
สมุทรปราการ ตะกอนชุดพระประแดง อยู่บนสุดเป็นชั้นตะกอนทรายและกรวดมีเศษเปลือกกรากไม้หรือฟิตปนอยู่ด้วย 2) หน่วยชั้นตะกอนดินเหนียวกรุงเทพ ประกอบด้วย ตะกอนดินเหนียวกรุงเทพตอนล่าง เป็นตะกอนทรายที่สะสมตัวในบริเวณปากแม่น้ำไหลลงสู่ทะเล และตะกอนดินเหนียวกรุงเทพตอนบน ซึ่งเป็นตะกอนดินเหนียวที่สะสมตัวในทะเล ช่วงบริเวณตะพักสูงระหว่างเขตจังหวัดลพบุรีและจังหวัดสระบุรี มี หน่วยหินมาร์ลลพบุรี ซึ่งเกิดจากการผุร่อนของกลุ่มหินปูนสระบุรี ในช่วงสมัยไพลสโตซีนสะสมตัวเป็นชั้นหนาประมาณ 15-20 เมตร

2.4.2 ธรณีวิทยาโครงสร้างและธรณีแปรสัณฐานบริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง ส่วนใหญ่ในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางจะมีลักษณะเป็นแอ่งซึ่งเกิดในยุคอีโอซีน โดยโครงสร้างหลักที่เป็นสิ่งควบคุมการเกิดโครงสร้างและการพัฒนาของแอ่งนั้นเกิดจาก 2 โครงสร้าง คือ

โครงสร้างวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ในช่วงก่อนยุคไทรแอสซิก ; โดยโครงสร้างที่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้นี้ได้รับอิทธิพลมาจากเหตุการณ์ทางธรณีแปรสัณฐาน การบรรพตรังสรรค์ของเทือกเขาอินโดจีนเนียน (Indosinian Orogeny) ซึ่งเกิดในช่วงไทรแอสซิกตอนต้นถึงตอนกลาง โดยเกิดจากการชนกันของแผ่นทวีปย่อยฉานไทยฝั่งตะวันตก (Western San-Thai continental block) ชนกับแผ่นทวีปย่อยอินโดจีน (Eastern Indochina continental block) และสุดท้ายในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนปลายจึงเกิดการปิดของทะเลโบราณซึ่งหลักฐานที่พบคือแนวตะเข็บรอยต่อ นาน-อูตรดิตถ์ (Nan-Uttrradit suture) หลังจากการชนกันและปิดทะเลโบราณนั้น ได้เกิดการคลายตัวอย่างรวดเร็วของแผ่นทวีปทั้ง 2 จนเกิดลักษณะโครงสร้างของแอ่งที่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ (รูปที่ 2.6)

โครงสร้างวางตัวแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ; เป็นโครงสร้างที่เกิดโดยรอยเลื่อนในช่วงมหายุคมีโซโซอิกโดยหลักฐานการเกิดสามารถทราบได้จากข้อมูลหินโผล่จากแผนธรณีวิทยาและภาพถ่ายดาวเทียมและคาดว่ารอยเลื่อนแม่ปิง (Mae Ping Fault zone) และรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (Three Pagoda Fault zone) เป็นโครงสร้างชั้นฐานของหินโผล่ที่เกิดขึ้นซึ่งมีแนวการเคลื่อนตัวในทิศซ้ายเข้า (sinistral movement) เกิดในช่วงมหายุคมีโซโซอิก ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพบลักษณะการเคลื่อนตัวแบบขวาเข้า (dextral movement) ที่เกิดในช่วงยุคเทอร์เชียรี ซึ่งพบว่ามี การเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนจากซ้ายเข้ามาเป็นขวาเข้าในช่วงยุคนีโอจีนสามารถเทียบเคียงได้กับเหตุการณ์ทางธรณีแปรสัณฐานการเกิดการชนกันของแผ่นเปลือกโลกอินเดีย-ยูเรเชีย (Indian-Eurasia collision) ซึ่งเป็นตัวกำหนดการเกิดการหมุนของแผ่นอินโดจีนฝั่งตะวันตก

โดยโครงสร้างของแอ่งตะกอนมหายุคซีโนโซอิกในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางมีแนวการวางตัวในทิศเหนือ-ใต้ โดยถูกกำหนดโดยรอยเลื่อน 2 รอยเลื่อนคือรอยเลื่อนแม่ปิงและรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ ซึ่งเป็นรอยเลื่อนแนวระดับ ที่มีแนวการวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งรอยเลื่อนหลักทั้ง 2 รอยเลื่อนนี้เองเป็นตัวกำหนดลักษณะการวางตัวของแอ่งในที่ราบลุ่มภาคกลางให้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้และเป็นแอ่งแบบกราเบนหรือกึ่งกราเบน สำหรับแอ่งอยุธยา นั้นเป็นแอ่งย่อยแอ่งหนึ่งในพื้นที่ราบภาคกลางตอนล่างหรือแอ่งเจ้าพระยา มีลักษณะการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และมีโครงสร้างแอ่งแบบกึ่งกราเบน แอ่งอยุธยามีการเกิดและการพัฒนาของแอ่งหลากหลายช่วง มีความสัมพันธ์กับการเกิดการแยกของแอ่งและการเกิดโครงสร้างผกผัน (Inversion) ซึ่งเราสามารถศึกษาได้จากโครงสร้างภายในแอ่งอยุธยาและลำดับการสะสมตัวของตะกอนภายในแอ่ง เพื่อการเปลี่ยนแปลงและนำมาเชื่อมโยงกับเหตุการณ์การเกิดธรณีแปรสัณฐานบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางได้ (รูปที่ 2.5)



รูปที่ 2.5 แผนที่ประเทศไทยบริเวณพื้นที่ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือแสดง a) รอยเลื่อนและแอ่งแยก (rift basin) ที่สำคัญในมหาสมุทรซีโนโซอิก แนวหินแปร ความเร็วและทิศทางการเคลื่อนตัวของ GPS (Simons et al., 2007) และการแตกของหลุมเจาะ (borehole breakout data from Tingay et al., 2009) b) ภูมิประเทศและรอยเลื่อนแนวระดับ โดยใช้แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (90 m SRTM DEM)

บทที่ 3

แอ่งแยกและโครงสร้างผกผัน

3.1 ลักษณะทั่วไปของแอ่งแยก

แอ่งแยก (rift basin) เป็นแอ่งตะกอนที่เกิดจากกระบวนการเกิดร่องแยก (rifting) ซึ่งเกิดจากการการยืดขยายของแผ่นธรณีภาค จนทำให้เกิดการแยกตัวของแผ่นเปลือกโลก และทำให้เกิดการทรุดตัวเกิดเป็นแอ่ง โดยเมื่อเวลาผ่านไปจะเกิดการดึงแยกออกจากกันไปเรื่อยๆ จนทำให้แผ่นเปลือกโลกมีความบางลงและทรุดตัวจนเกิดการแทรกดันตัวของแมกมาจากใต้พื้นโลกซึ่งทำให้เกิดการเกิดการดันตัวของพื้นทะเล (seafloor spreading) เป็นพื้นทะเลใหม่ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่จะพบโครงสร้างที่สำคัญคือ รอยเลื่อนปกติ ซึ่งเกิดร่วมกับการยืดขยายของแผ่นเปลือกโลก ซึ่งตัวอย่างแอ่งแยกที่สำคัญเช่น แอ่งแยกแอฟริกา เป็นต้น

3.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดการแยกตัวของพื้นทวีป

3.2.1 การเกิดกระแสไหลจากแมกมา (magma convection): การเกิดการไหลของกระแสแมกมา คือการที่แมกมามีการไหลเป็นกระแสหมุนเวียนจากชั้นแมนเทิลชั้นมาสู่เนื้อโลก ตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดกระแสไหลเวียนของแมกมาคืออุณหภูมิที่อยู่ในชั้นเนื้อโลกที่ต่างกัน จนเป็นผลทำให้เกิดการถ่ายเทอุณหภูมิความร้อนกันในชั้นเนื้อโลกและเกิดการไหลเวียนของแมกมาขึ้น ซึ่งการไหลเวียนของแมกมาในแต่ละจุดภายในชั้นเนื้อโลกนี้เอง เป็นผลทำให้ชั้นเปลือกโลกมีการเกิดการแยกตัวออกจากกันซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงออก (extensional force) ที่มีผลต่อการเกิดแอ่งร่องแยกบริเวณทวีปเปลือกโลกเป็นอย่างมาก โดยการเกิดกระแสไหลจากแมกมาจะเกิดบริเวณชั้นรอยต่อของเปลือกโลกและเนื้อโลก

3.2.2 เกิดจากลำพวยพุ่งเนื้อโลก (mantle plumes): ร่องแยกสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีวัตถุร้อนจากเนื้อโลกดันตัวขึ้นมาถึงบริเวณของรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกทวีปกับเนื้อโลก และแมกมาร้อนนั้นเป็นสาเหตุทำให้ส่วนของเปลือกโลกได้รับความร้อนที่สูงขึ้นจนทำให้เปลือกโลกนั้นมีความบางมากขึ้น สุดท้ายแมกมาร้อนที่ดันตัวขึ้นมาจึงสามารถแทรกตัวดันเปลือกโลกได้และเป็นสาเหตุทำให้เกิดแรงการดึงแยกในชั้นของเปลือกโลกชั้นบน ซึ่งจะ สามารถเกิดเป็นแอ่งร่องแยก

3.2.3 แรงดึงจากการจมตัวของแผ่นเปลือกโลกบริเวณจุดมุดตัว (slab pull & ridge push)

เมื่อแผ่นเปลือกทวีปมีการมุดตัวเข้าหากัน จะทำให้แผ่นที่มีความหนาแน่นที่มากกว่าเกิดการมุดตัวลงไปได้แผ่นที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า และเมื่อมีมุดตัวลงไปในระดับที่ลึกขึ้นจะทำให้เกิดการหลอมละลายจนกลายเป็นแมกมาเหลวและจะเกิดแรงดึงแผ่นเปลือกโลกที่มุดตัวทางด้านบนลงมายังจุดที่เกิดการละลายกลายเป็นแมกมา ด้วยเหตุนี้เองจึงเกิดการสะสมของแรงดึงขนาดมหาศาลที่จะทำการดึงแผ่นเปลือกทวีปด้านบน และสุดท้ายเกิดเป็นแอ่งแยกที่เกิดขึ้นในบริเวณด้านบนของแผ่นเปลือกทวีป

3.3 กลไกในการเกิดแอ่งแยก

กลไกในการเกิดร่องแยกนั้นสามารถอธิบายได้โดยการเกิดธรณีแปรสัณฐานแบบยืดขยาย (extensional system) ซึ่งเราสามารถแบ่งรูปแบบของการเกิดกลไกการเกิดร่องแยกได้ทั้งหมด 2 รูปแบบ (รูปที่ 3.1)

3.3.1 การเกิดร่องแยกแบบมีพลัง (active rifting) : การเกิดร่องแยกแบบมีพลังไม่ได้เกิดมาจากแรงการแยกตัวโดยตรงบริเวณเปลือกโลก แต่จะเกิดจากการแทรกดันตัวของแมกมาร้อนในชั้นของเนื้อโลกแทรกดันตัวเข้ามาสู่ชั้นเปลือกโลกจึงทำให้เกิดแรงดันแยกเปลือกโลกทวีปด้านบนออกจากกัน ซึ่งจะทำให้เกิดแอ่งแยก

3.3.2 การเกิดร่องแยกแบบสถิตย์ (passive rifting) : เกิดจากแรงที่มีการดึงแยกออกจากกันโดยตรงในบริเวณเปลือกทวีป และทำให้เกิดแอ่งแยก โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดแรงในการดึงออกจากกันนั้นอาจจะเกิดจากลำพวยพุ่งเนื้อโลกกระแสไหลจากแมกมาหรือแรงดึงจากการจมตัวของแผ่นเปลือกโลกบริเวณจุดมุดตัวข้างต้น

3.4 โครงสร้างผกผันภายในแอ่งแยก

โครงสร้างผกผัน (Inversion) คือโครงสร้างที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทิศทางของแนวแรง สามารถพบได้เมื่อมีการเกิดการเลื่อนตัวย้อนกลับของรอยเลื่อนปกติที่ควบคุมโครงสร้างและรูปร่างของแอ่งแยก ซึ่งจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงระบบแรงที่มากกระทำต่อแอ่งแยกจากระบบการยึดตัวเข้าสู่ระบบการบีบอัด (Williams *et al.*, 1989) ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงจะพบการเกิดโครงสร้างรูปประทุน (anticline) ซึ่งเกิดอยู่ติดกับรอยเลื่อนปกติหลักที่เกิดการเลื่อนตัวย้อนกลับ (รูปที่ 3.2)

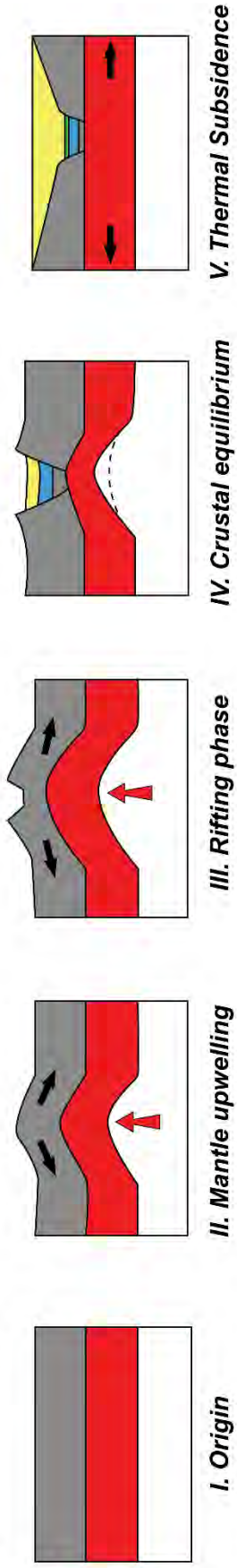
โครงสร้างผกผันสามารถพิจารณาออกเป็น 2 ลักษณะ คือ โครงสร้างผกผันเชิงบวก (positive Inversion) ซึ่งจะพบลักษณะการเกิดการยกตัวเป็นโครงสร้างแบบฮาร์พูน (harpoon structure) และ โครงสร้างผกผันเชิงลบ (negative Inversion) ซึ่งจะพบลักษณะการเกิดแบบจมตัวในแนวตั้ง (subsidence) เป็นโครงสร้างแบบประทุนหงาย (syncline) ซึ่งลักษณะโครงสร้างผกผันทั้ง 2 ลักษณะสามารถวิเคราะห์เทียบเคียงกับการเกิดระบบรอยเลื่อนได้ (Glennie & Boegner, 1981)

3.4.1 โครงสร้างผกผันเชิงบวก จากการศึกษาโครงสร้างผกผันเชิงบวกของ G. D. Williams *et al.* (1989) ศึกษาจากลำดับชั้นหินภายในแอ่งแยกบนพีทวิป ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ลำดับชั้นคือ pre-rift ซึ่งถูกสะสมตัวในช่วงเริ่มต้นของการเกิดการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนปกติหลักภายในแอ่งแยก, syn-rift จะถูกสะสมตัวอยู่ในช่วงระหว่างการเกิดรอยเลื่อนปกติหลัก โดยความหนาของ syn-rift จะมีการเปลี่ยนแปลงเข้าหารอยเลื่อนปกติที่กำลังเลื่อนตัว (growth normal fault) และ post-rift เป็นหน่วยที่ถูกสะสมตัวหลังจากการหยุดการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนปกติหลัก ซึ่ง post-rift สามารถสะสมตัวหลังจากการเกิดการกักร่อนหรือการเกิดรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง (unconformity) ซึ่งเกิดขึ้นกับ syn-rift (รูปที่ 3.3) การแบ่งลำดับชั้นหินภายในแอ่งแยกสามารถอธิบายลักษณะของการเกิดโครงสร้างผกผันเชิงบวกได้ ซึ่งการพบลักษณะการพบระยะเลื่อนของ syn-rift มีการดันตัวสูงขึ้นในบริเวณหินเพดานของรอยเลื่อนปกติ (hanging wall) สังเกตบริเวณเส้นรอยต่อบริเวณด้านบนของชั้นหิน syn-rift ในหินเพดานของรอยเลื่อนและในหินพื้น (foot wall) เมื่อมีการเกิดโครงสร้างผกผันเชิงบวกจะทำให้เกิดการเชื่อมต่อกันระหว่างเส้นรอยต่อด้านบนของชั้นหิน syn-rift ในหินเพดานและในหินพื้น เรียกจุดที่มีการเชื่อมต่อกันของชั้นหิน syn-rift ว่า “Null point” (Williams *et al.*, 1989) (รูปที่ 3.2)

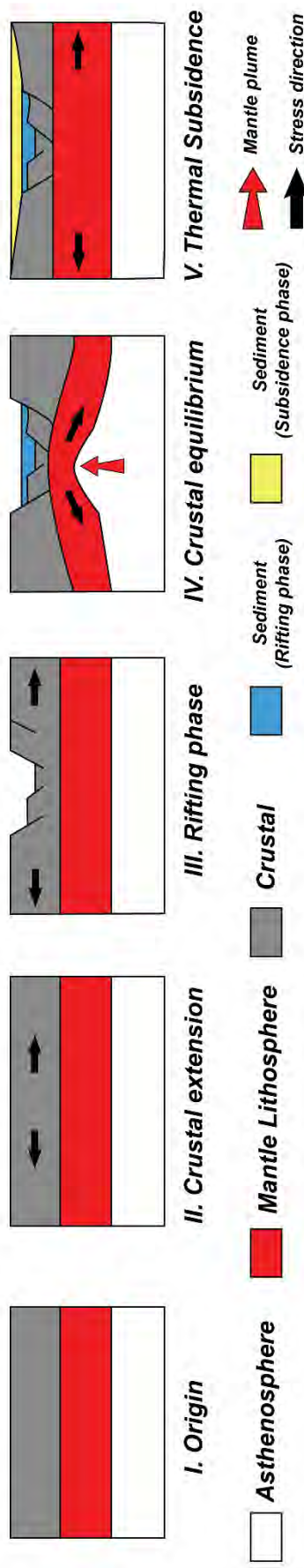
3.4.1 โครงสร้างผกผันเชิงลบ ลักษณะการเกิดโครงสร้างผกผันเชิงลบจะมีการเกิดคล้ายคลึงกับการเกิดโครงสร้างผกผันเชิงบวก คือเกิดอยู่ร่วมกับแนวรอยต่อของรอยเลื่อนปกติ แต่การเกิดโครงสร้างผกผันเชิงลบโดยทั่วไปจะไม่ค่อยพบลักษณะโครงสร้างดังกล่าวเมื่อเทียบกับโครงสร้างผกผันเชิงบวก ซึ่งการสังเกตลักษณะโครงสร้างผกผันเชิงลบจะมีการเกิดโดยทั่วไปเช่นเดียวกับโครงสร้างผกผันเชิงบวก แต่จุด Null point ของรอยต่อด้านบนของชั้นหิน syn-rift จะมีการเกิดการเลื่อนตัวลงมาจากส่วนหินเพดานมาเชื่อมกับรอยต่อด้านบนของชั้นหิน syn-rift ในหินพื้นของรอยเลื่อน (G. D. Williams *et al.*, 1989)

โดยจากการศึกษาการเกิดโครงสร้างผกผันในภายในแอ่งแยกบริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางและอ่าวไทย พบว่าเป็นการเกิดโครงสร้างผกผันเชิงบวก และพบการเกิดโครงสร้างผกผันเชิงบวกพร้อมกับรอยเลื่อนปกติหลักที่ควบคุมโครงสร้างของแอ่ง โดยการศึกษาการเกิดโครงสร้างผกผันในภายในแอ่งแยกบริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางและอ่าวไทยนั้น ยังคงต้องศึกษาเพิ่มเติมเพื่ออธิบายวิวัฒนาการการเกิดโครงสร้างผกผันภายในแอ่ง

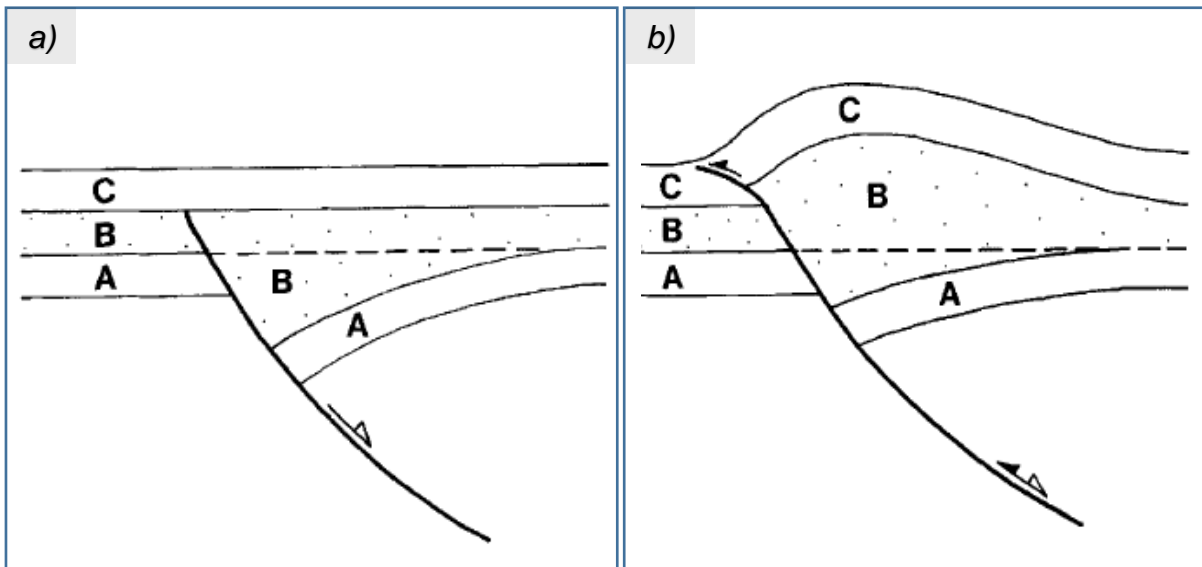
a) Active Rifting



b) Passive Rifting



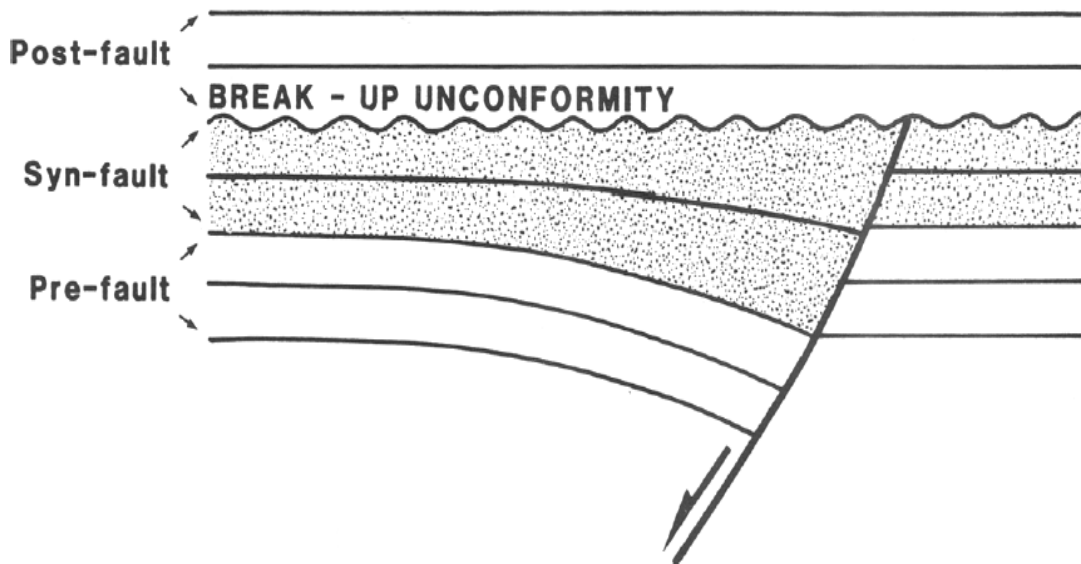
รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงการเกิดแอ่งแยก 2 รูปแบบ คือ แอ่งแยกมีแบบพลง (active rifting) และ แอ่งแยกแบบสถิตย์ (passive rifting) a) ลำดับวิวัฒนาการการเกิดแอ่งแยกตั้งแต่ก่อนเกิดการแยก เริ่มแยก และเกิดการจมตัวในแนวตั้งของแอ่งแยกมีแบบพลง b) ลำดับวิวัฒนาการการเกิดแอ่งแยกตั้งแต่ก่อนเกิดการแยก เริ่มแยก และเกิดการจมตัวในแนวตั้งของแอ่งแยกมีแบบสถิตย์ (ตัดแปลงจาก Zhi Li et al., 2014)



รูปที่ 3.2 ลักษณะการเกิดโครงสร้างผกผันเชิงบวกและลำดับชั้นหิน A, pre-rift; B, syn-rift; C, post-rift.

a) แสดงการสะสมตัวของลำดับชั้นหินในแอ่งแยกขณะเกิดการยืดตัวของแอ่งซึ่งการสะสมตัวของตะกอนจะเกิดขึ้นพร้อมรอยเลื่อนปกติ, b) การเกิดโครงสร้างผกผันเชิงบวกโดยเกิดจากการเลื่อนตัวย้อนกลับของรอยเลื่อนปกติ จึงพบลักษณะโครงสร้างแบบฮาร์พุน ซึ่งการเกิดโครงสร้างผกผันมีผลทำให้ syn-rift มีการยกตัว

(รูปจาก Williams *et al.*, 1989)



รูปที่ 3.3 ลักษณะการเกิดการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนปกติที่สัมพันธ์กับการตกสะสมตัว โดย Pre-fault แสดงถึงการเกิดการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนปกติในช่วงการเกิดการแยก Syn-fault แสดงการเกิดรอยเลื่อนในระหว่างการสะสมตัวของตะกอนและชั้นหินในแอ่ง และ Post-fault ซึ่งจะแสดงการเกิดรอยชั้นไม่ต่อเนื่องในบริเวณช่วงรอยต่อของ syn-rift และ post-rift (รูปจาก Williams *et al.*, 1989)

3.5 การศึกษาแอ่งแยกในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางและอ่าวไทย

จากการศึกษาการสะสมตัวของตะกอนและวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งแยกในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางได้มีการศึกษา ดังนี้

- **O'Leary (1986)** ทำการศึกษาข้อมูลหลุมเจาะ BP1-W01 บริเวณแอ่งอยุธยาตอนบนและทำการแบ่งลำดับชั้นหินภายในแอ่งอยุธยาออกเป็น 2 หน่วยคือ Syn-rift และ Post-rift โดยในส่วนของ Syn-rift ได้ถูกแบ่งออกเป็นหน่วยย่อย 2 หน่วยย่อยคือ S1 และ S2 โดยระดับความลึกของหน่วยย่อย S1 อยู่ที่ 4400-5300 ฟุต จากระดับพื้นประกอบด้วย หินโคลนและหินทรายแป่งแทรกสลับเป็นชั้นบาง (interbedded), S2 อยู่ที่ความลึก 1085-4400 ฟุต จากระดับพื้น ประกอบด้วยหินทรายเนื้อดิน หินโคลนและหินทรายแป่งแทรกสลับเป็นชั้นบาง และ Post-rift อยู่ที่ระดับความลึก 14-1085 ฟุต ประกอบด้วย หินโคลน หินทราย และหินปูนชั้นบาง
- **Nootrapao (1998)** ได้ทำการศึกษาธรณีวิทยาใต้ผิวดินในบริเวณแอ่งสิงห์บุรี ซึ่งวางตัวอยู่บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง ซึ่งผลการศึกษาของ Nootrapao (1998) ได้ทำการแบ่งลำดับชั้นหินภายในแอ่งสิงห์บุรีออกเป็น 7 หน่วยหินคือ A,B,C,D,G,H,I ตามลำดับอายุการเกิดจากแก่ไปอ่อน ซึ่งจากการแบ่งหน่วยหินดังกล่าว Nootrapao (1998) ได้ทำการอธิบายสภาวะการสะสมตัวของหินและตะกอนภายในแอ่งสิงห์บุรี ในแต่ละช่วงเหตุการณ์ โดยในลำดับการสะสมตัวในช่วงแรกจะมีการสะสมตัวแบบระบบทางน้ำ ลำดับต่อมา เกิดการสะสมตัวแบบทะเลสาบ และสุดท้ายแอ่งสิงห์บุรีได้มีการสะสมตัวของตะกอนแบบตะกอนน้ำพารูปพัด
- **M. Smith et al. (2007)** ได้ทำการศึกษาลักษณะโครงสร้างและช่วงเวลาการเกิดชัณษาตุพลค (Chainat duplex) และโครงสร้างทางธรณีวิทยาบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง ซึ่งพบบริเวณชัณษาตุพลคเกิดจากอิทธิพลของการเลื่อนตัวแบบซ้ายเข้าของรอยเลื่อนแม่ปิงและหยุดการเลื่อนตัวในช่วง 30-33 ล้านปีจากการหาอายุการเย็นตัวของไปโอโทดโดยใช้ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (Lacassin et al., 1993,1997) โดยชัณษาตุพลคมีการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้นั้น ทำให้เกิดการอัด (restraining bend) ซึ่งส่งผลให้เกิดการยกตัวของภูมิภาคเป็นแนวสันเขา ธรณีวิทยาของแนวสันเขาชัณษาตุพลคประกอบด้วยชุดแนวสันเขาที่วางตัวในแนวทิศเหนือ-ใต้ และมีหินหลากหลายชนิด ตั้งแต่หินตะกอน, หินตะกอนกึ่งแปรสภาพ และหินอัคนี ของมหาสมุทรโอโซอิกถึงมีโซโซอิก ต่อมา M. Smith et al. (2007) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของแอ่งตะกอนยุคเทอร์เชียรีในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางกับแนวรอยเลื่อนแม่ปิง โดยศึกษาความสัมพันธ์ของแอ่งอยุธยา แอ่งสุพรรณบุรี และแอ่งพิษณุโลกทางตอนใต้ (รูปที่ 3.4) ผลการศึกษาพบว่า แอ่งสุพรรณบุรีวางตัวอยู่บริเวณทางด้านตะวันตกของพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง ซึ่งแนวการวางตัวของแอ่งสุพรรณบุรีมีการในแนวเหนือ-ใต้ โดยลักษณะโครงสร้างหลักของแอ่งสุพรรณบุรี พบรอยเลื่อนปกติหลักมีมุมเอียงเทไปทางด้านทิศตะวันออก (east-dipping - normal fault) ซึ่งจากการศึกษาโครงสร้างผกผันของแอ่งสุพรรณบุรีจะไม่ค่อยพบลักษณะโครงสร้างผกผันขนาดใหญ่ภายในแอ่ง อีกทั้งไม่พบการเชื่อมต่อกันของรอยเลื่อนปกติกับรอยเลื่อนแนวระดับในบริเวณรอยเลื่อนแม่ปิง, แอ่งอยุธยา มีแนวการวางตัวในทิศเหนือ-ใต้ ซึ่งมีรอยเลื่อนปกติหลักมีมุมเอียงเทไปทางด้านตะวันตก โดยแอ่งอยุธยาจะพบลักษณะการเกิดโครงสร้างผกผันที่ชัดเจนบริเวณทางตอนใต้ของแอ่งและมีความซับซ้อนทางวิวัฒนาการโครงสร้างเมื่อเทียบกับแอ่งสุพรรณบุรี, แอ่งพิษณุโลกทางตอนใต้ โดยแอ่งพิษณุโลกวางตัวอยู่ทางเหนือของชัณษาตุพลค และมีความสัมพันธ์กับการเกิดชัณษาตุพลค (Flint et al. 1988; Wongpornchai 1997) ซึ่งทางตอนใต้ของแอ่งพิษณุโลกประกอบด้วย 2 แอ่งย่อยคือ แอ่งย่อยละหาน

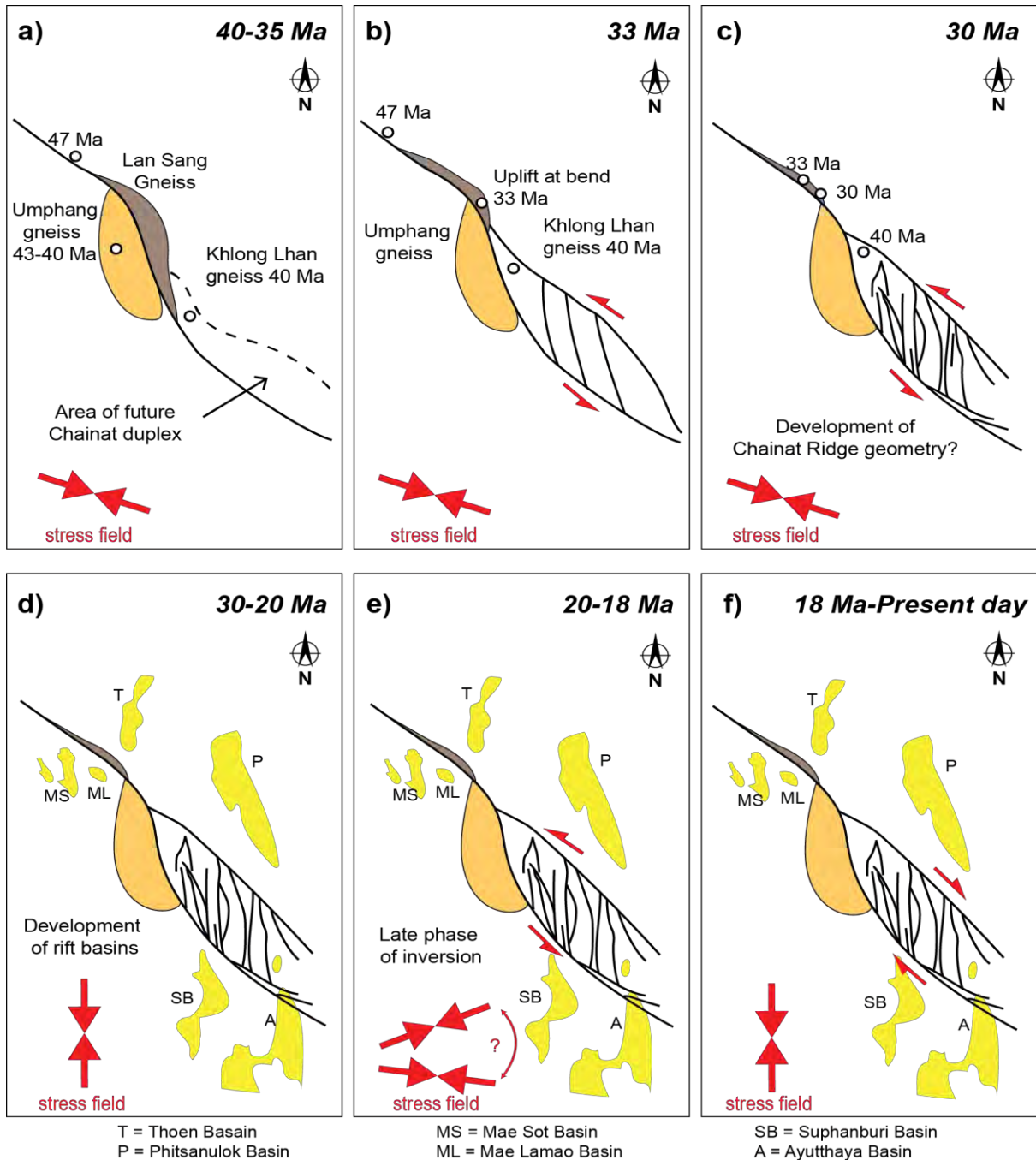
(Lahan sub-basin) และแอ่งย่อยหนองบัว (Nongbua sub-basin) ซึ่งมีการพบการเกิดโครงสร้างผกผันในลักษณะรูปประทุนในแนวเหนือ-ใต้ (N-S-trending anticline) และมีอายุการเกิดโครงสร้างผกผันในช่วงยุคไมโอซีนตอนปลาย (Bal et al. 1992; Morley et al. 2004).

ซึ่งจากการศึกษาโครงสร้างแอ่งสุพรรณบุรีและแอ่งอยุธยา M. Smith et al. (2007) สรุปว่าในบริเวณทางตอนใต้ของรอยเลื่อนแม่ปิง ได้หยุดเกิดการเลื่อนตัวในทิศทางซ้ายเข้าในช่วงยุคโอลิโกซีนตอนปลายและไม่พบลักษณะการเลื่อนตัวแบบขวาเข้าในแอ่งแยกต่อมาในช่วงยุคไมโอซีนตอนปลายได้เกิดโครงสร้างผกผันขึ้นซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนทิศทางการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนจากทิศทางขวาเข้ามาเป็นทิศทางซ้ายเข้าในช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่งเกิดขึ้นเฉพาะที่บริเวณทางตอนใต้ของรอยเลื่อนแม่ปิง โดยพบหลักฐานการเกิดโครงสร้างผกผันบริเวณแอ่งอยุธยา (รูปที่ 3.5)

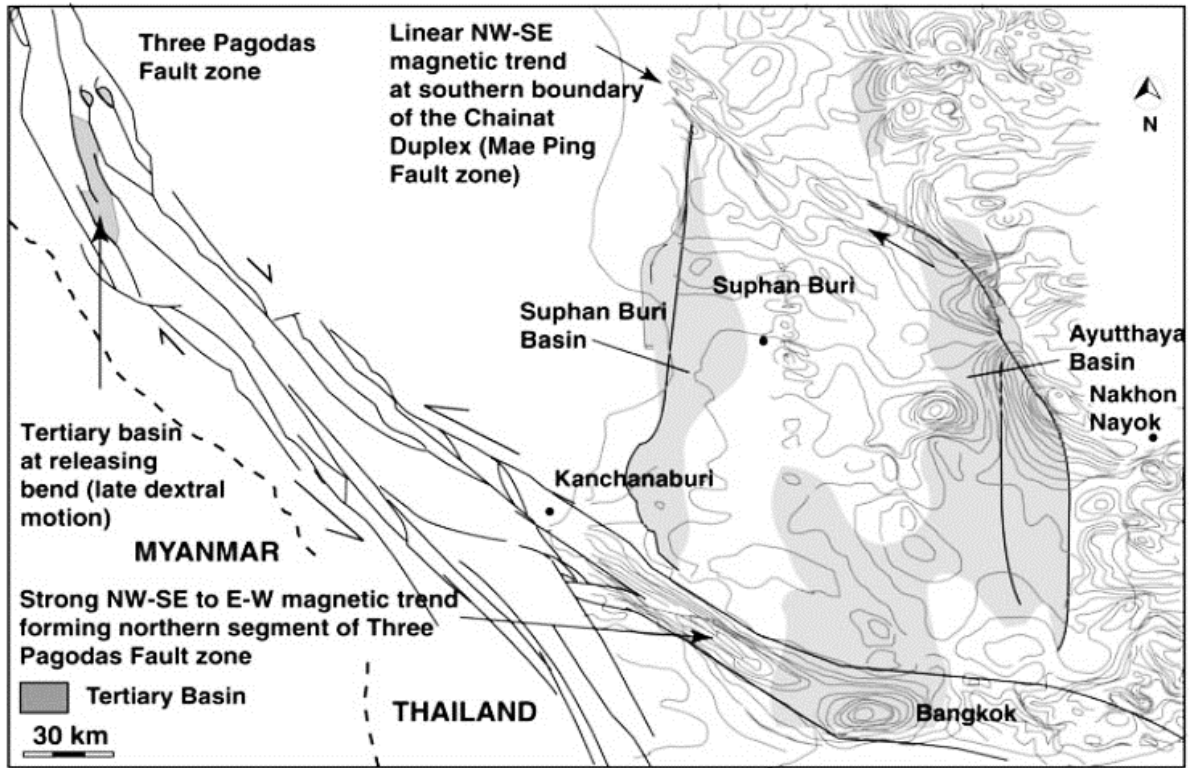
- **Kaewkor et al. (2015)** ได้ศึกษาลักษณะโครงสร้างและวิวัฒนาการแอ่งสงขลา (Song Khla basin) ในบริเวณทางด้านตะวันตกของอ่าวไทย (Western Gulf of Thailand) ซึ่งจากการศึกษาด้วยข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน 3 มิติ พบว่า แอ่งสงขลาเป็นแอ่งกึ่งกราเบนไม่สมมาตร (asymmetric half-graben) ขนาดใหญ่ ซึ่งถูกควบคุมโครงสร้างของแอ่งโดยรอยเลื่อนปกติที่มีแนวการวางตัวตะวันตกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ (NNW-SSE-trending) และถูกแบ่งออกเป็นแอ่งย่อยโดยโครงสร้างฮอสต์ (horst block) ที่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ โดยโครงสร้างที่พบภายในแอ่งสงขลาประกอบไปด้วย รอยเลื่อนปกติหลักที่ควบคุมโครงสร้างของแอ่ง, โครงสร้างผกผัน ซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดการบีบอัด และ รอยเลื่อนย่อยภายในแอ่งสงขลา (Intra-basinal faults) โดยพบการสะสมตัวของตะกอนภายในแอ่งหนาไปทางตะวันตกซึ่งตกสะสมตัวร่วมกับการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนปกติ ซึ่งรอยเลื่อนปกติภายในแอ่งส่วนใหญ่มีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงแต่บางส่วนพบว่ามีการเอียงเทมาทางด้านตะวันตก โดยรอยเลื่อนภายในแอ่งสงขลาที่มีแนวการวางตัวอยู่ 3 รูปแบบ คือ แนวตะวันตกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ แนวการวางตัวเหนือ-ใต้ และแนวการวางตัวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้เป็นส่วนน้อย โดยรอยเลื่อนในแนวตะวันตกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ค่อนข้างขนานไปกับแนวการแยกของแอ่งสงขลา ซึ่งการพบรอยเลื่อนในแนวตะวันตกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้มีความสัมพันธ์กับเหตุการณ์ทางธรณีแปรสัณฐานในช่วงมหายุคซีโนโซอิก Kaewkor et al. (2015) ได้แบ่งลำดับการเกิดการเคลื่อนไหวทางธรณีแปรสัณฐาน (tectonic activities) ออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงการยืดขยาย ช่วงการเกิดโครงสร้างผกผันเชิงบวก และช่วงการเกิดการจมตัวในแนวตั้ง ซึ่งจากการแบ่งลำดับชั้นหินภายในแอ่งสงขลา Kaewkor et al. (2015) ได้แบ่งช่วงการสะสมตัวออกเป็น ช่วง Syn-rift ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็น 3 หน่วยย่อยโดยการแบ่งจากรอยชั้นไม่ต่อเนื่องที่พบในข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน 3 มิติ ภายในแอ่งสงขลา ซึ่งช่วงเวลาการเกิดการแยกของแอ่งสงขลาแบ่งออกเป็น 3 ช่วงคือยุคอีโอซีน โอลิโกซีนและไมโอซีน ต่อมาในช่วงการเกิดโครงสร้างผกผันเชิงบวกจะอยู่ในช่วงยุคไมโอซีนตอนกลางและสุดท้ายมีการสะสมตัวของ Post-rift อยู่ในช่วงยุคไมโอซีนตอนปลายถึงปัจจุบัน

จากการศึกษาการเกิดโครงสร้างผกผันของ Kaewkor et al. (2015) พบว่าการเกิดโครงสร้างผกผันภายในแอ่งสงขลา พบการเกิดอยู่ตลอดบริเวณรอยเลื่อนทางฝั่งตะวันตกของแอ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดการเคลื่อนตัวใหม่ของรอยเลื่อนปกติทางฝั่งตะวันตกของแอ่งและทำให้เกิดการยกตัวของแอ่งซึ่งเกิดขึ้นในช่วงยุคไมโอซีนตอนกลาง

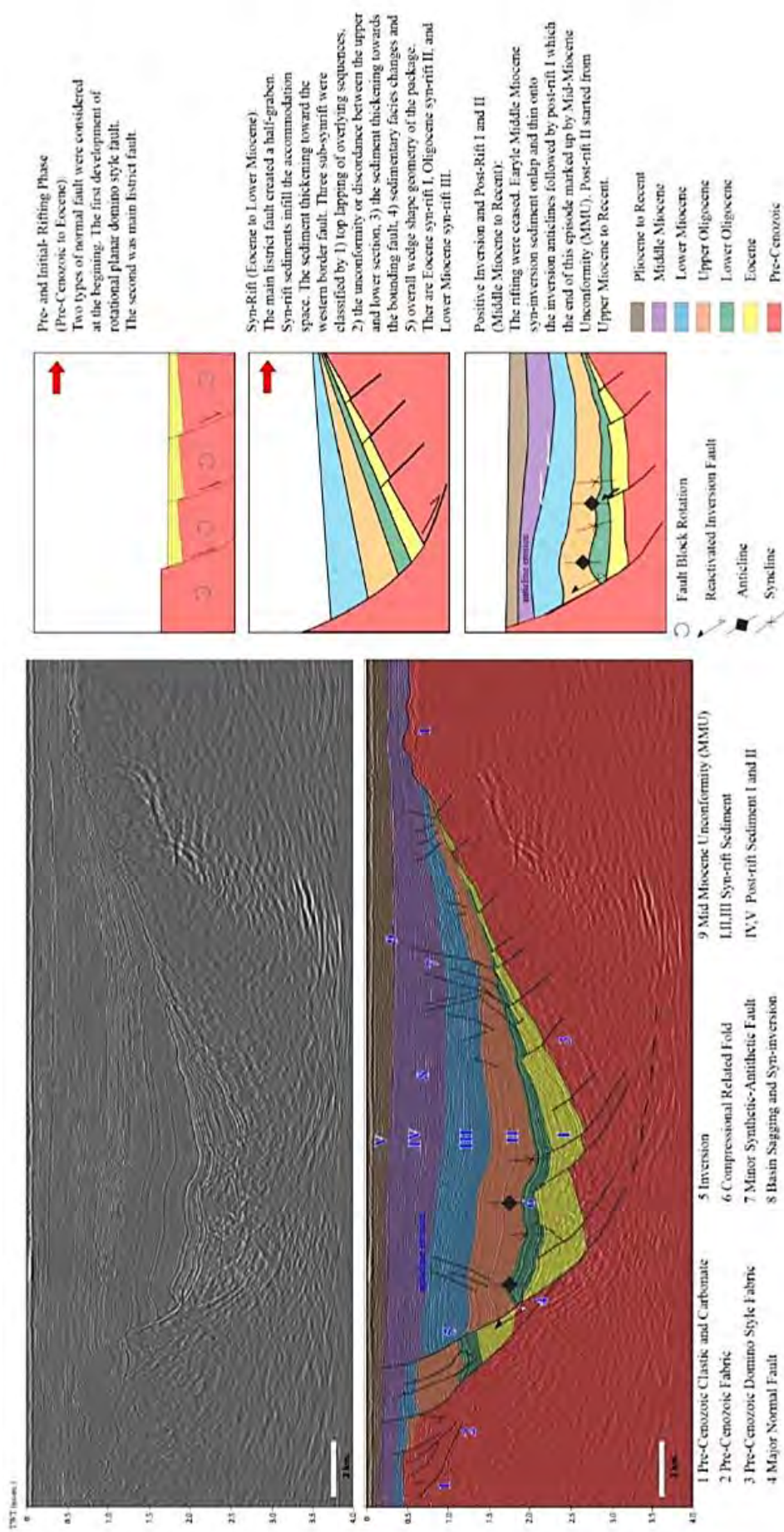
- **Uttamo et al. (2003)** ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรอยเลื่อนแนวระดับในมหาสมุทรไซบีเรียกับการเกิดแองแกกในภาคเหนือของไทย ซึ่งจากการศึกษาของ Uttamo et al. (2003) ทำให้ทราบว่าทางตอนเหนือของประเทศไทยมีลักษณะการเกิดธรณีแปรสัณฐานที่มีความซับซ้อนในช่วงมหาสมุทรไซบีเรีย ซึ่งจากการชนกันระหว่างแผ่นอินเดียและแผ่นยูเรเชียเป็นสาเหตุของการเกิดธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทยในช่วงมหาสมุทรไซบีเรีย ซึ่งจะทำให้เกิดแนวรอยเลื่อนแนวระดับซึ่งเมื่อเกิดการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนนั้นจะทำให้เกิดแรงดึงออกในแนวตะวันตก-ตะวันออกในช่วงยุคโอligoceneตอนปลายถึงไมโอซีนตอนต้น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการเปิดออกของแองแกกตอนยูเรเชียของไทย โดยผลการศึกษาของ Uttamo et al. (2003) พบว่าจากการแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จะสามารถแยกโครงสร้างเส้นตรงซึ่งมีลักษณะแบบรอยเลื่อนได้ 36 แนว และยังพบลักษณะของแองแกก 42 แอง (รูปที่ 3.7) ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ของแองแกกตอนยูเรเชียบริเวณภาคเหนือของไทยมีความสัมพันธ์กับการเกิดรอยเลื่อนแนวระดับในช่วงการเกิดธรณีแปรสัณฐานมหาสมุทรไซบีเรียจากการศึกษาพบว่าการเกิดแองแกกตอนยูเรเชียในบริเวณภาคเหนือของไทยได้รับอิทธิพลจากการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งมีทิศทางการเลื่อนแบบขวาเข้าและจากการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีทิศทางการเลื่อนตัวแบบซ้ายเข้า ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับแรงกดที่เข้ามาทำในทิศเหนือ-ใต้ และการยึดตัวในทิศตะวันตก-ตะวันออก จึงทำให้มีการเกิดการเปิดและการพัฒนาตัววของแองแกกในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย



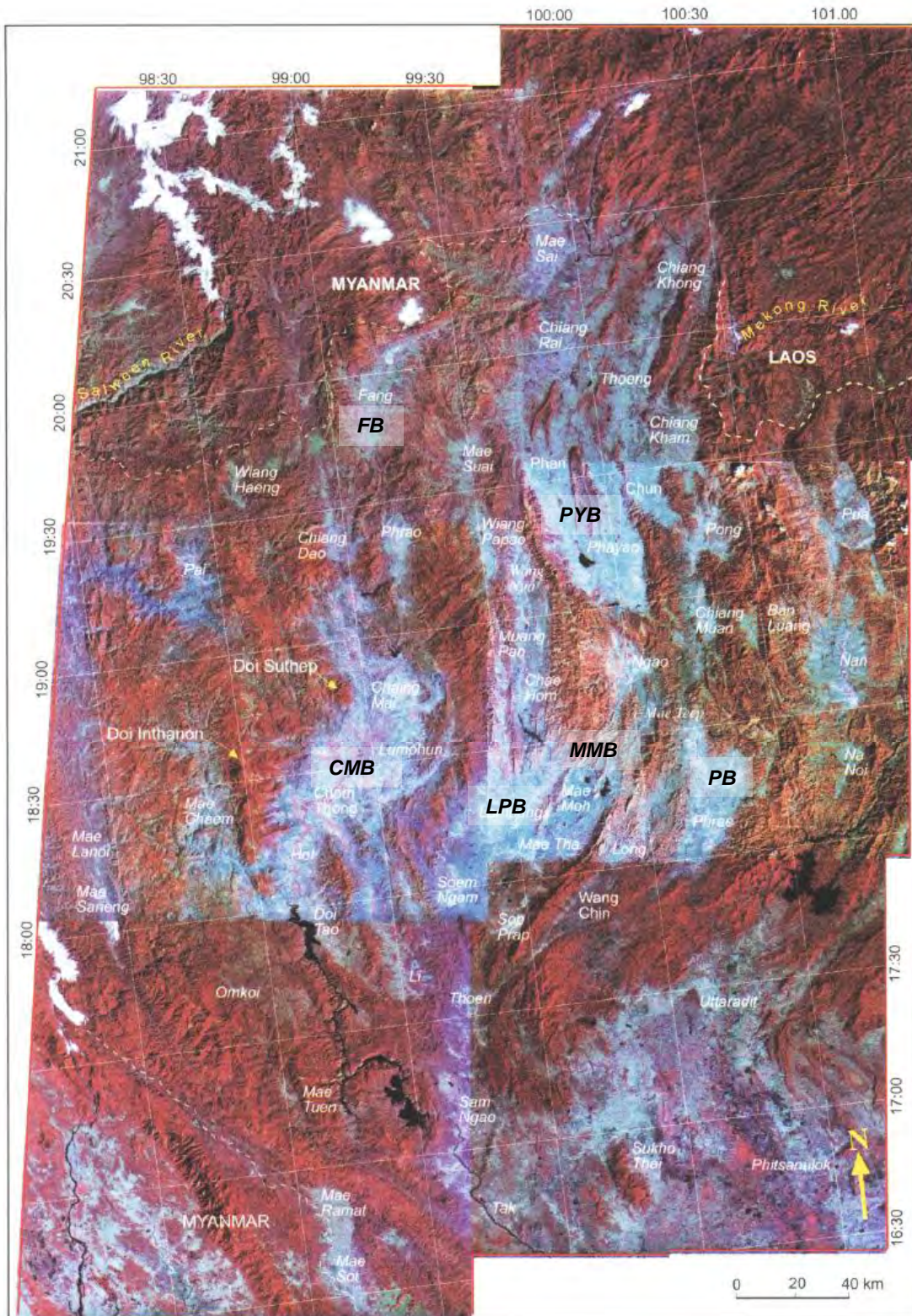
รูปที่ 3.4 แบบจำลองวิวัฒนาการของรอยเลื่อนแม่ปิงและแอ่งตะกอนยุคเทอร์เชียรี (a) เกิดรอยเลื่อนแม่ปิง โดยแรงจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลกอินเดียและเอเชียในสมัยอีโอซีนในแนวตะวันตกเฉียงเหนือตะวันออกเฉียงใต้ (b) รอยเลื่อนแม่ปิงเลื่อนตัวแบบซ้ายเข้าเกิดแนวการบิดโค้งและเริ่มมีการยกตัวของสันเขาบริเวณลานสางไนส์ (c) เกิดการยกตัวของสันเขาภายในชัณษาทศุพลค (d) แนวแรงที่กระทำต่อพื้นที่เกิดการหมุนตามเข็มนาฬิกาอยู่ในแนวเหนือใต้ เริ่มมีการเปิดของแอ่งตะกอนยุคเทอร์เชียรี (e) ในสมัยไมโอซีนตอนกลางแนวแรงเปลี่ยนกลับอยู่ในแนวเดิม (f) แนวแรงที่อยู่ในแนวเหนือใต้ ส่งผลให้รอยเลื่อนแม่ปิงมีการเลื่อนตัวแบบขวาเข้า ตั้งแต่สมัยไมโอซีนตอนปลายจนถึงปัจจุบัน (ดัดแปลงจาก Morley et al., 2007)



รูปที่ 3.5 แผนที่แสดงรอยเลื่อนซึ่งได้จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียมและการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic anomalies) บริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง แสดงลักษณะรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ซึ่งพบลักษณะความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงในแนวการวางตัวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และแสดงทิศทางการหมุนเอียงของแอ่งอยุธยาทางตอนเหนือเข้าสู่แนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (Smith *et al.*, 2007)



รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงโครงสร้างและลำดับชั้นหินและวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งสงขลกาบริเวณพื้นที่ฝั่งตะวันตกของอำเภอไทย (Kaewkor et al., 2015)



รูปที่ 3.7 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM ซึ่งแสดงแนวการวางตัวของโครงสร้างเชิงเส้นและลักษณะพื้นที่ราบสลับภูเขา ครอบคลุมพื้นที่ 136,000 ตารางกิโลเมตร บริเวณพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย (Uttamo *et al.*, 2003) CMB; Chiang Mai Basin, LPB; Lam Pang Basin, MMB; Mae Moh Basin, PB; Phare Basin, PYB; Pha Yao Basin; FB; Fang Basin

บทที่ 4

ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 วิธีการศึกษา

การศึกษาในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับธรณีวิทยาโครงสร้างของแอ่งอยุธยาเพื่ออธิบายวิวัฒนาการการเกิดแอ่ง โดยมีขั้นตอนการศึกษาแสดงในรูปที่ 4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนและข้อมูลหลุมเจาะ ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมเชื้อเพลิง ในภาพรวมของการศึกษานั้นเริ่มจากการศึกษาข้อมูลธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับแอ่งตะกอนยุคเทอร์เชียรีในประเทศไทย เช่น รายงานการศึกษาธรณีวิทยาใต้ผิวดินของตะกอนบางส่วนของมหาอุคซีโนโซอิกตอนบนในแอ่งอยุธยา ภาคกลางของประเทศไทย จากนั้นทำการปรับปรุงข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนและทำการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนโดยทำการแปลโครงสร้างทางธรณีวิทยาและลำดับการสะสมตัวของตะกอนในแต่ละแนวการสำรวจ จากนั้นผลการศึกษาที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ลักษณะการเกิดแอ่ง

4.2 คุณภาพข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน

ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนนั้นเป็นตัวช่วยในการตรวจสอบลักษณะทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินได้ รวมถึงการวิเคราะห์ลำดับชั้นหินหรือตะกอน โครงสร้างทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินได้ โดยในงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน มาทำการแปลความหมายและวิเคราะห์รวมถึงสร้างแบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา ซึ่งข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนภายในงานวิจัยชิ้นนี้ เป็นข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ที่สำรวจโดยบริษัทสำรวจปิโตรเลียม BP Petroleum Development Ltd., ในปี 1986 ซึ่งได้รับการอนุญาตการใช้ข้อมูลจากกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ โดยข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อน บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างซึ่งวางตัวพาดผ่านแอ่งอยุธยาจำนวนทั้งสิ้น 8 แนวสำรวจ (รูปที่ 1.2) ซึ่งประกอบไปด้วยแนวการสำรวจในทิศตะวันตก-ตะวันออก 7 แนวการสำรวจ และในทิศเหนือ-ใต้ 1 แนวการสำรวจ โดยที่แต่ละแนวการสำรวจมีอัตราส่วนในแนวระดับเท่ากับ 0.2 มิลลิวินาทีต่อเซนติเมตร อัตราส่วนในแนวราบเท่ากับ 1:25,000 ทั้งนี้ข้อจำกัดทางข้อมูลจะอยู่ที่ค่าความคมชัดของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งจะต้องผ่านการปรับค่าความคมชัดของข้อมูล

4.3 การปรับปรุงคุณภาพข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน

การปรับปรุงคุณภาพข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน เป็นวิธีการที่ทำให้ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนนั้นมีความชัดเจนมากขึ้น เพื่อที่สามารถใช้ในการแปลความหมายข้อมูลได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน สามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

4.3.1 การแปลงมาตราส่วนแนวตั้งของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนจากหน่วยเวลา ; ในการแปลงค่าเวลา-ความลึกเป็นวิธีการเปลี่ยนตัวแปรเวลาในข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนมาเป็นตัวแปรระดับความลึก โดยวิธีการแปลงค่าเวลา-ความลึกนั้น จะใช้ข้อมูลหลุมเจาะและข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน โดยนำข้อมูลเวลาจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนและข้อมูลความลึกของหลุมเจาะมาหาความสัมพันธ์และสร้างเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเวลา-ระดับความลึก (รูปที่ 4.5) โดยหลังจากทำการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเวลา-ระดับความลึก เรียบร้อยแล้วจะทำการสร้างเส้นกราฟที่มีการผ่านของข้อมูลเวลาและความลึกเฉลี่ย และทำการหาค่าความชันกราฟ หลังจากได้ค่าความชันกราฟนั้น จะสามารถสร้างสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร จากนั้นจะได้ผลออกมาในรูปของ สมการการแปลงค่าเวลา-ความลึก และเมื่อต้องการแปลงตัวแปรเวลาในคลื่นไหวสะเทือน วิธีการใช้งานคือ นำค่าเวลาในแต่ละช่วงของคลื่นไหวสะเทือนมาใส่ค่าใน สมการการแปลงค่าเวลา-ความลึก ผลลัพธ์ที่ได้คือ การแปลงตัวแปรเวลาในแต่ละช่วงเวลาข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนซึ่งจะมีหน่วยเป็น วินาทีหรือมิลลิวินาที ให้มาอยู่ในตัวแปรระดับความลึกซึ่งมีหน่วยเป็น เมตร หรือกิโลเมตร

4.3.2 การปรับค่าพิกัดตำแหน่งข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ; จากการนำข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ บริเวณพื้นที่ศึกษามาทำการศึกษานั้น จะพบว่าในข้อมูลดิบจะมีค่าความคมชัดต่ำและไม่สามารถอ้างอิงพิกัดการเก็บข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนได้อย่างแม่นยำ อีกทั้งจะพบว่าข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่ได้ทำการศึกษานั้นเป็นข้อมูลเก่าในระหว่างปี พศ. 2550 - 2553 ดังนั้นการนำเข้าข้อมูลและการปรับค่าข้อมูลเก่าจึงเป็นสิ่งสำคัญต่องานวิจัยฉบับนี้ โดยวิธีการปรับค่าข้อมูล นั้นเริ่มจากการนำข้อมูลดิบที่ได้มาทำการใส่ตำแหน่งอ้างอิงทางระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์จากโปรแกรม Arcgis โดยได้ทำการวาดแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน 2 มิติทั้งหมดลงสู่แผนที่ภูมิประเทศ และทำการนำพิกัดอ้างอิง WGS 1984 มาทำการอ้างอิงในแต่ละแนวการสำรวจ จากนั้นเมื่อทำการอ้างอิงตำแหน่งแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน 2 มิติบริเวณพื้นที่ศึกษาเรียบร้อยแล้วจึงทำการนำออกข้อมูลออกมาในรูปแบบของนามสกุลไฟล์ segy ซึ่งเป็นนามสกุลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและอ่านข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน หลังจากทำการนำออกข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ที่ได้ทำการใส่พิกัดอ้างอิงเรียบร้อยแล้วในรูปแบบนามสกุล segy แล้ว จะนำข้อมูลที่ได้เข้าสู่โปรแกรม Petrel ซึ่งโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ และสามารถใส่การปรับความคมชัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนเพื่อแปลความหมาย

4.3.3 การนำเข้าและการปรับค่าความคมชัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ด้วยโปรแกรม

Petrel: การนำเข้าข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติเข้าสู่โปรแกรม Petrel นั้น จะนำเข้าข้อมูลในรูปแบบของนามสกุล segy ซึ่งหลังจากการปรับค่าพิกัดตำแหน่งข้อมูลข้างต้นแล้วจะสามารถนำข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติมาทำการนำเข้าสู่โปรแกรม Petrel โดยการนำเข้าข้อมูลนั้นจะสามารถแสดงชุดข้อมูลแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน 2 มิติภายในพื้นที่ศึกษาได้ทั้งหมด 8 แนวการสำรวจด้วยกัน อีกทั้งตัวโปรแกรม Petrelยังสามารถที่จะทำการเชื่อมโยงตำแหน่งพิกัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติและสามารถแปลความหมายข้อมูลได้ที่หลายแนวการสำรวจซึ่งหลังจากทำการนำเข้าข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการสร้างเส้นแปลความหมายข้อมูล (horizons) และเมื่อทำการกำหนดเส้นแปลความหมายข้อมูลเรียบร้อยแล้วก่อนทำการแปลความหมายจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ เราสามารถสร้างความโดดเด่นของข้อมูล (attributes) โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกการสร้างความโดดเด่นของข้อมูลแบบการสกัดทุติยภูมิ (second derivative) และการสร้างความโดดเด่นของข้อมูลแบบการรวมแอมพลิจูดอัตโนมัติ (TraceGainAGC) ซึ่งการใส่ค่าการสร้างความโดดเด่นของข้อมูลแบบการสกัดทุติยภูมิ สามารถทำการรวมแอมพลิจูดของคลื่นไหวสะเทือนที่มีความใกล้เคียงกันหรือมีค่าสูงสุดของแอมพลิจูดใกล้เคียงกันมารวมกัน อีกทั้งยังสามารถกำจัดคลื่นรบกวนได้ในบางส่วน ดังนั้นหลังจากการใส่ค่าการสร้างความโดดเด่นของข้อมูลแบบการสกัดทุติยภูมิ จึงสามารถที่จะทำการลากต่อเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เป็นแอมพลิจูดหรือหน่วยหินเดียวกันได้อย่างถูกต้องและชัดเจนมากยิ่งขึ้น และหลังจากการใส่ค่าการสร้างความโดดเด่นของข้อมูลแบบการรวมแอมพลิจูดอัตโนมัติ สามารถทำให้ค่าความเข้มแอมพลิจูดของคลื่นไหวสะเทือนเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังพบว่าจะสามารถมองเห็นความไม่ต่อเนื่องของแอมพลิจูดได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้นด้วย โดยจากการพบความไม่ต่อเนื่องที่ชัดเจนนี้เอง จึงสามารถที่จะแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ออกมาในรูปแบบของรอยเลื่อนที่พบภายในข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติแต่ละแนวการสำรวจ หลังจากทำการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ภายในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดแล้ว จะได้ข้อมูลการแปลความหมายโครงสร้างของแอ่งอุยูธาและชั้นหินภายในแอ่งอุยูธาออกมาในรูปแบบของเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนและหลังจากนั้นจะทำการนำออกของข้อมูลเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนของทุกๆแนวการสำรวจ ออกมาในรูปแบบของนามสกุล IESX ซึ่งจะสามารถแสดงเป็นข้อมูลเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนรวมทุกเส้นภายในแต่ละแนวการสำรวจ โดยข้อมูลที่ได้นั้นจะสามารถที่จะนำไปสร้างแบบจำลอง 2 มิติจากการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ภายในแอ่งอุยูธา โดยเมื่อทำการนำออกข้อมูลแล้วจะสามารถนำข้อมูลที่ได้เข้าสู่โปรแกรม Move™ (รูปที่ 4.3)

4.3.4 การนำเข้าข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ด้วยโปรแกรม Move™ ; ภายหลังจากการแปลความหมายข้อมูลและทำการนำออกข้อมูลเส้นแปลความหมายข้อมูลแล้วนั้น จะนำออกในรูปแบบข้อมูลไฟล์นามสกุล IESX และนำเข้าสู่โปรแกรม Move™ โดยโปรแกรม Move™ เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางธรณีวิทยาในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ นอกจากนี้ตัวโปรแกรมยังสามารถที่จะทำการนำเข้าข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนได้ อีกทั้งยังสามารถทำการวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองในรูปแบบต่างๆได้ อาทิเช่น การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียด (stress and strain analysis) การวิเคราะห์การสมดุลและการกลับสภาพเดิม (balancing and restoration) เป็นต้น การนำเข้าเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติภายในโปรแกรม Move™ จะแสดงผลในรูปแบบของการสำรวจรวมของทุกๆ แนวการสำรวจในมุมมองแบบภาพมุมสูง และเมื่อจะทำการสร้างแบบจำลองของแต่ละแนวการสำรวจนั้นจะสามารถเลือกได้ครั้งละ 1 แนวการสำรวจ โดยการสร้างแบบจำลอง 2 มิติจากข้อมูลเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนนั้น ขั้นตอนแรกคือ ทำการเลือกข้อมูลเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนทุกเส้นภายในแนวการสำรวจที่สนใจ เพื่อทำการแปลงเข้าสู่ระบบการสร้างเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนของโปรแกรม Move™ จากนั้นหลังจากทำการแปลงเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนเดิมจากโปรแกรม Petrel เข้าสู่โปรแกรม Move™ แล้ว จะสามารถที่จะแก้ไขและปรับสีและขนาดเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนได้ ขั้นตอนต่อไปคือการสร้างรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) เพื่อเป็นตัวแทนของชั้นหินหรือตะกอนในแต่ละช่วงการสะสมตัวภายในพื้นที่ศึกษา โดยรูปหลายเหลี่ยมที่สร้างขึ้นมานั้นจะอยู่ระหว่างชั้นของเส้นแปลความหมายข้อมูล อีกทั้งข้อมูลลำดับชั้นหินที่ได้จากการสร้างลำดับชั้นหินทางคลื่นไหวสะเทือนสามารถอธิบายในส่วนของรูปหลายเหลี่ยมนี้ได้ เพื่อแสดงคุณสมบัติ ชนิด และลำดับการสะสมตัวของหน่วยหินหรือหน่วยตะกอน หลังจากทำการสร้างรูปหลายเหลี่ยมเข้าสู่แบบจำลองแล้ว เราจะสามารถแบ่งหน่วยหินได้ทั้งหมด 8 หน่วย คือ Pre-rift , Syn-rift I, Syn-rift II, Syn-Inversion I, Syn-Inversion II, Syn-Inversion III, Post-rift I และ Post-rift II ตามลำดับอายุมากมายังอายุน้อยตามลำดับ (รูปที่ 4.4)

ซึ่งหลังจากการได้แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินในแต่ละแนวการสำรวจนั้น จะเข้าสู่การทำการวิเคราะห์การสมดุลและการย้อนสภาพเดิมเพื่อทำการศึกษาลำดับการเกิดโครงสร้างและเหตุการณ์ต่างๆในแต่ละช่วงอายุการสะสมตัวของแต่ละหน่วยหิน โดยแบบจำลองที่ได้จะมีความแตกต่างกับแบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอูยูธา โดยที่ทำการสมดุลและการย้อนสภาพเดิม นั้นจะทำการนำหน่วยหินจากอายุอ่อนสุดออกไปทีละชั้นและทีละชั้นตอนในขณะที่แบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอูยูธานั้นสามารถอธิบายลำดับเวลาการเกิดการสะสมตัวของตะกอนตั้งแต่การเกิดแอ่งและการพัฒนาของแอ่งจนมาถึงปัจจุบัน ซึ่งการสร้างแบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอูยูธานั้นสามารถอธิบายได้ด้วยการวิเคราะห์ค่าต่างๆ เช่น ค่าการยืดตัว (stretching value) ในระหว่างทำการสมดุลและการย้อนสภาพเดิม

4.3.5 การสมมูลและการกลับสภาพเดิม ด้วยโปรแกรม Move™ ; หลังจากทำการแปลความหมาย ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน 2 มิติภายในแอ่งอูยูธา และทำการสร้างแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูล คลื่นไหวสะเทือน 2 มิติเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำแบบจำลองที่ได้นั้นมาเข้าสู่กระบวนการสมมูล และการกลับสภาพเดิม ในขั้นตอนการทำการสมมูลและการกลับสภาพเดิมจะมีกระบวนการทำงานหลักๆคือ การ นำชั้นหินปิดทับออก (decompaction method), การกลับสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้ง (unfolding Method) และการกลับสภาพเดิมก่อนการเลื่อนตัวของรอยเลื่อน (move on fault method) ซึ่งกระบวนการทั้ง 3 กระบวนการนั้นเป็นกระบวนการที่ประกอบอยู่ในโปรแกรม Move™ ซึ่งจะเป็นตัวช่วยในการทำการสมมูล และการกลับสภาพเดิมของแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินของแอ่งอูยูธา ซึ่งการทำการสมมูลและการ กลับสภาพเดิมนั้นจะสามารถทำให้รู้ถึงตัวแปรต่างๆหรือวิวัฒนาการการเกิดแอ่งอูยูธาได้อย่างชัดเจนและมีเหตุผล มากยิ่งขึ้น ซึ่งภายหลังจากการทำการสมมูลและการกลับสภาพเดิมนั้นจะสามารถหาค่าความสูงจากการยกตัวของ ชั้นหิน ค่าการยืดตัว ในแต่ละช่วงเวลาการสมมูลตัวของชั้นหินภายในแอ่งได้ ซึ่งหลังจากการทำการสมมูลและการ กลับสภาพเดิมจะสามารถหาค่าการยืดตัว

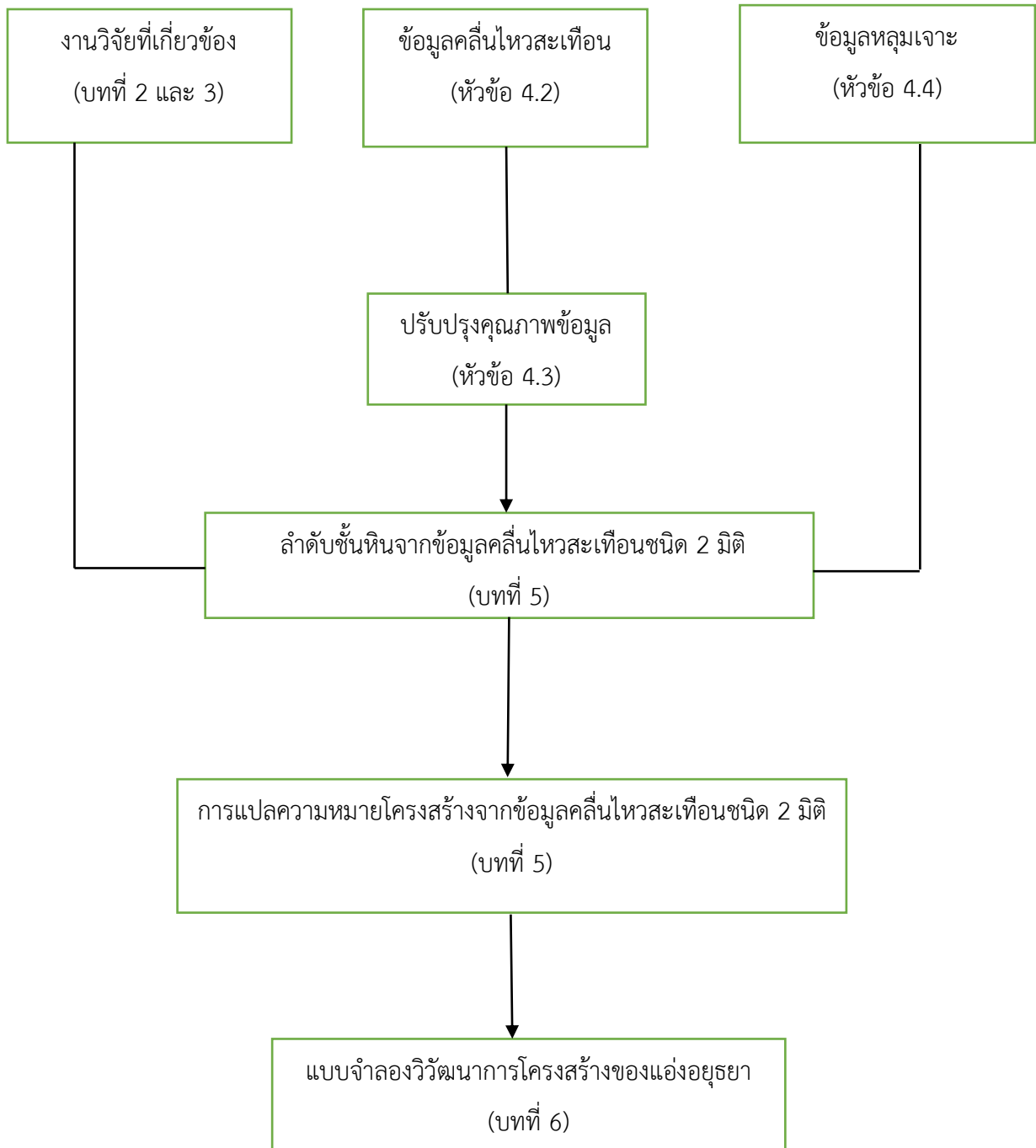
ซึ่งค่าการยืดตัวจะเป็นค่าที่ใช้ในการอธิบายถึงการพัฒนาของแอ่งในช่วงเวลานั้นๆ โดยจะสามารถคำนวณได้ จาก สมการ $\beta = \frac{L}{L_0}$ ซึ่ง L คือค่าความยาวใหม่ของหน่วยหินหรือตะกอนหลังจากทำการสมมูลและการกลับสภาพ เดิม, L₀ คือค่าความยาวเดิมของหน่วยหินหรือตะกอนก่อนการทำการสมมูลและการกลับสภาพเดิม ซึ่งค่าที่ได้จะ ออกมาเปรียบเทียบใน 2 รูปแบบด้วยกัน คือ

- **ถ้าหาค่าการยืดตัว มีค่ามากกว่า 1** แสดงถึง แอ่งมีการพัฒนาตัวอยู่ในระบบการยืดออก (extensional system)

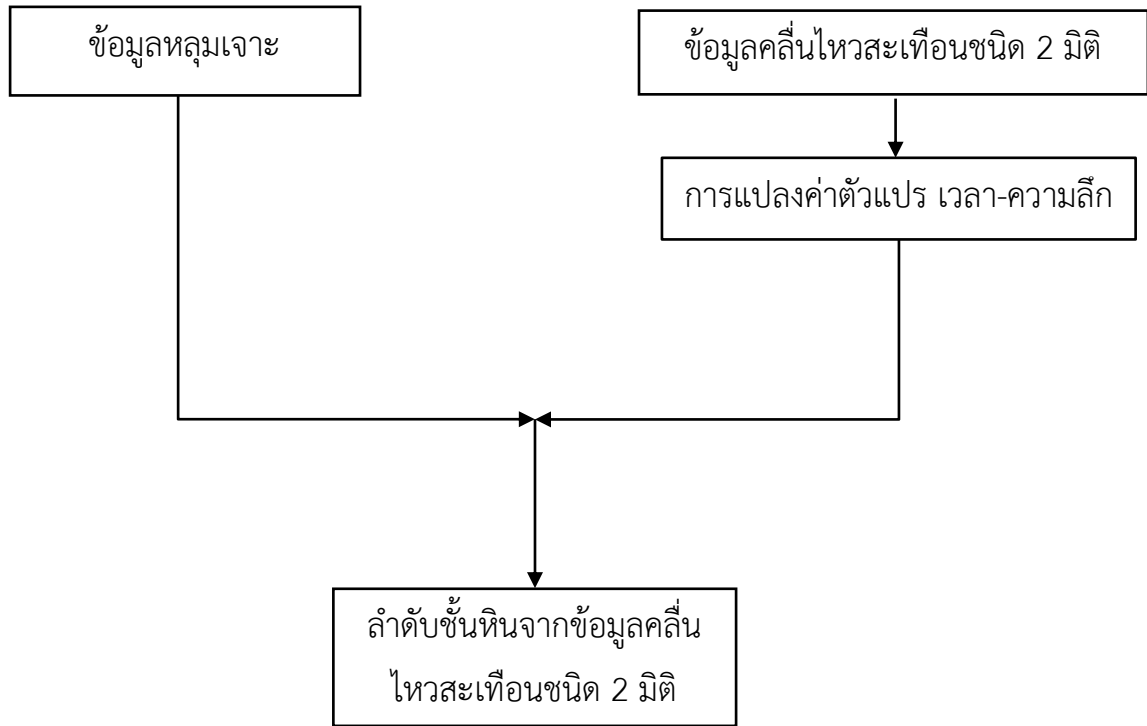
- **ถ้าหาค่าการยืดตัว มีค่าน้อยกว่า 1** แสดงถึง แอ่งมีการพัฒนาตัวอยู่ในระบบการบีบอัด (compression system)

4.4 ข้อมูลหลุมเจาะ

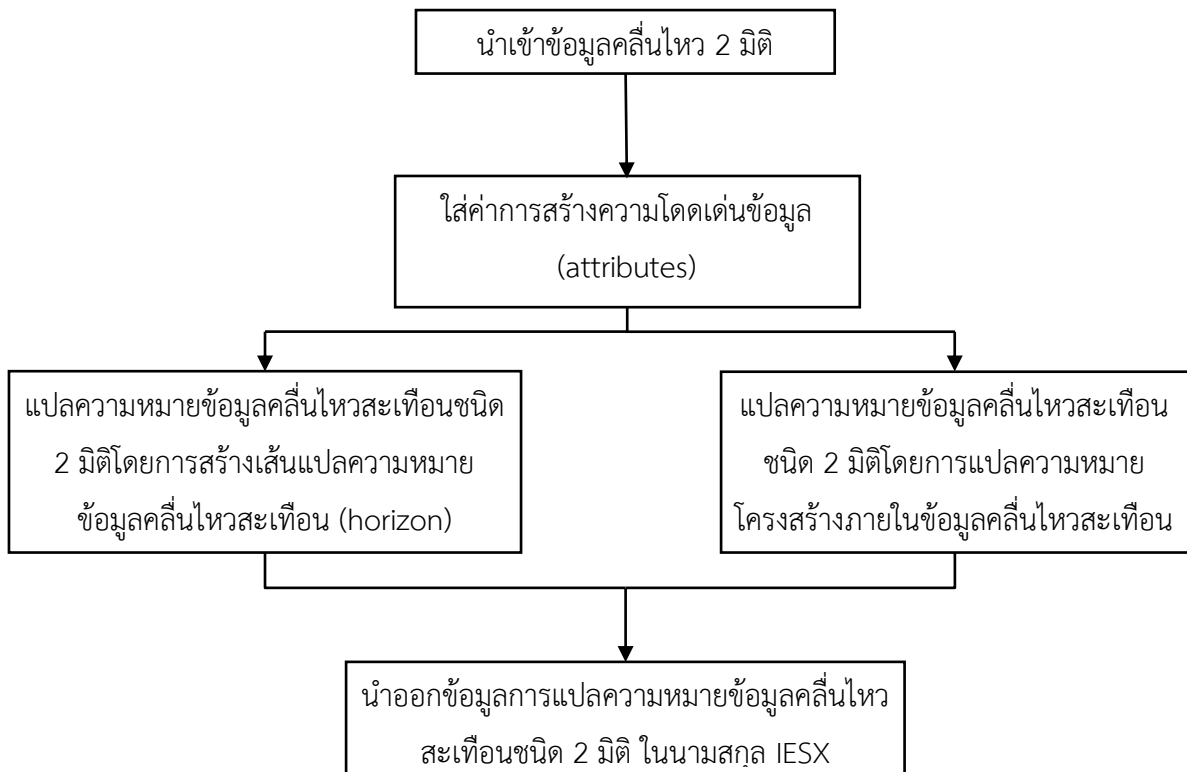
ใช้ข้อมูลหลุมเจาะ BP1-W04 มาทำการศึกษาร่วมกับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ซึ่งขั้นตอนแรกจะต้องทำการแปลงมาตราส่วนแนวตั้งของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนจากหน่วยเวลา (วินาที) ให้อยู่ในหน่วยระยะทาง (เมตร) จากนั้นจะทำการนำข้อมูลทั้ง 2 ชนิดมาทำการเทียบเคียงกันโดยเทียบเป็นระดับความลึก เพื่อทำการสร้างลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนของแอ่งอยุธยา โดยหลุมเจาะ BP1-W04 ได้ทำการขุดเจาะโดยบริษัทสำรวจปิโตรเลียม BP Petroleum Development Ltd., ในปี 1986 โดยตำแหน่งหลุมเจาะ BP1-W04 วางตัวอยู่ในแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ AY-093 ซึ่งอยู่บริเวณทางตอนกลางของแอ่งอยุธยา ซึ่งจากข้อมูลรายงานหลุมเจาะ BP1-W04 พบว่าหลุมเจาะ BP1-W04 เป็นหลุมเจาะที่ใช้ในการศึกษาลำดับชั้นหินและตะกอนภายในแอ่งอยุธยา ซึ่งจากการวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ภายในหลุมพบว่าไม่มีการค้นพบสารประกอบอินทรีย์และจากรายงานหลุมเจาะพบว่าสามารถพบหน่วยหินที่มีความแตกต่างกันทางกายภาพเช่น สี ขนาดตะกอน ที่แตกต่างกันชัดเจน 2 หน่วยหิน ซึ่งสามารถแบ่งเป็น หน่วย Syn-rift ซึ่งประกอบด้วย หินโคลนสีแดงปนน้ำตาล แต่ไม่พบว่ามีศักยภาพในการเป็นหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมในหน่วย Syn-rift ที่พบในหลุมเจาะ BP1-W04 (รูปที่ 4.6)



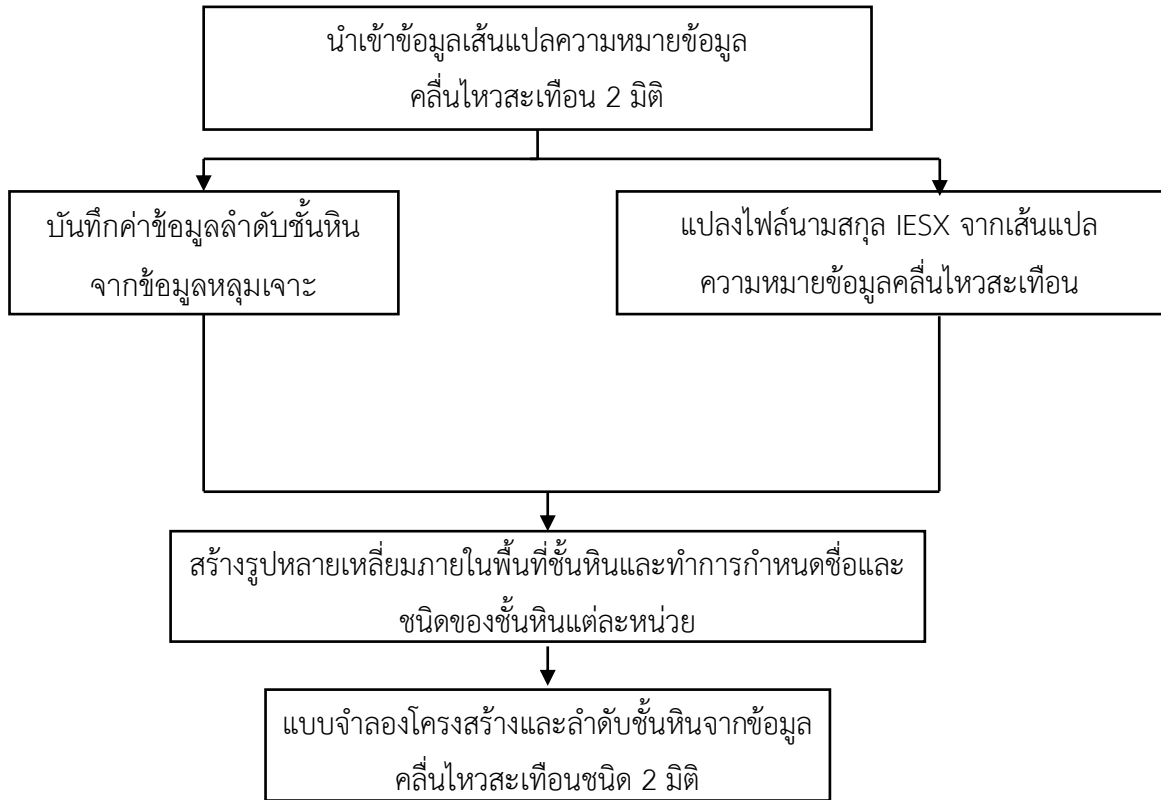
รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงวิธีการศึกษางานวิจัย



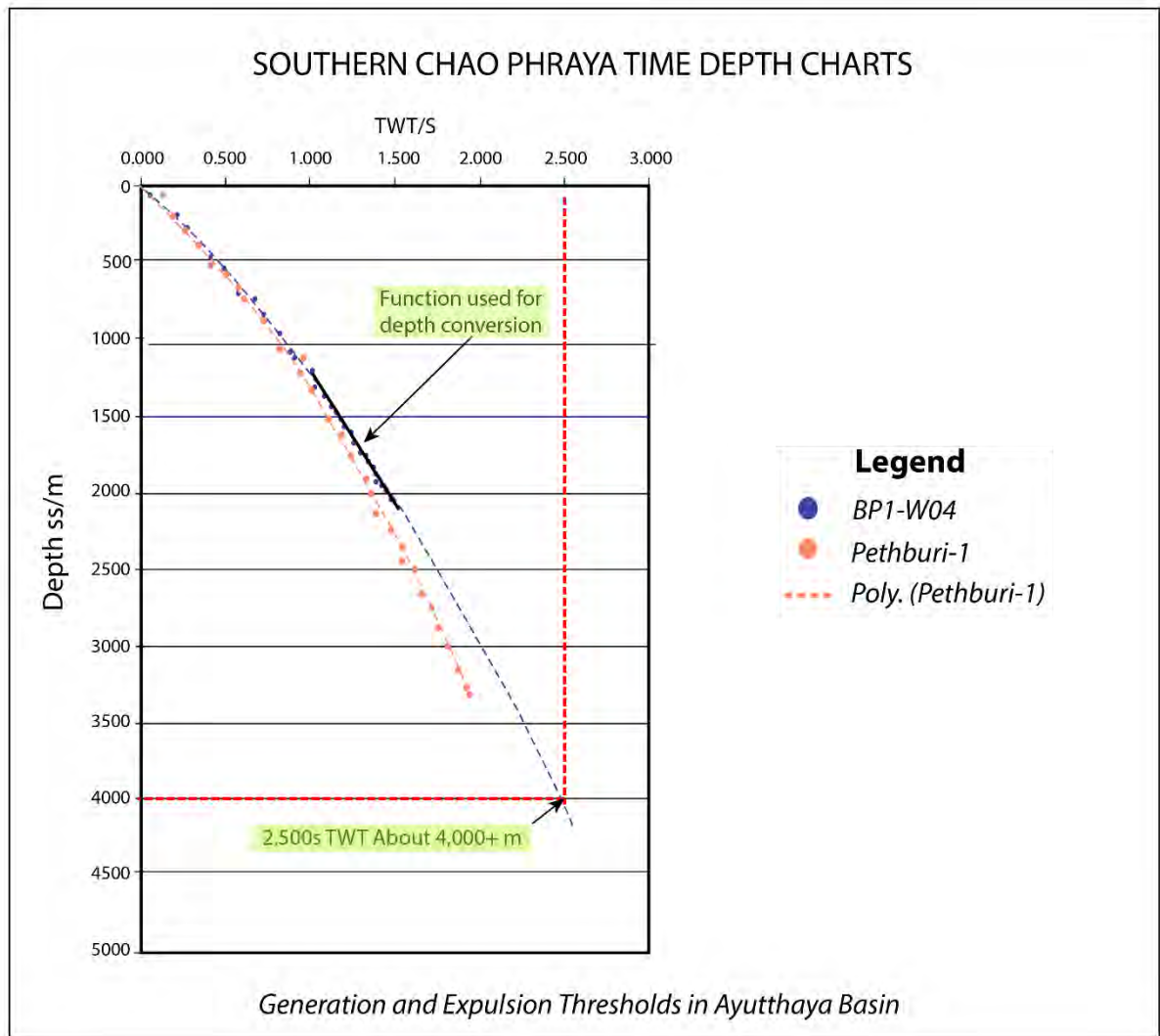
รูปที่ 4.2 แผนภาพวิธีการศึกษาข้อมูลหลุมเจาะและการสร้างลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติภายในพื้นที่แอ่งอยุธยา



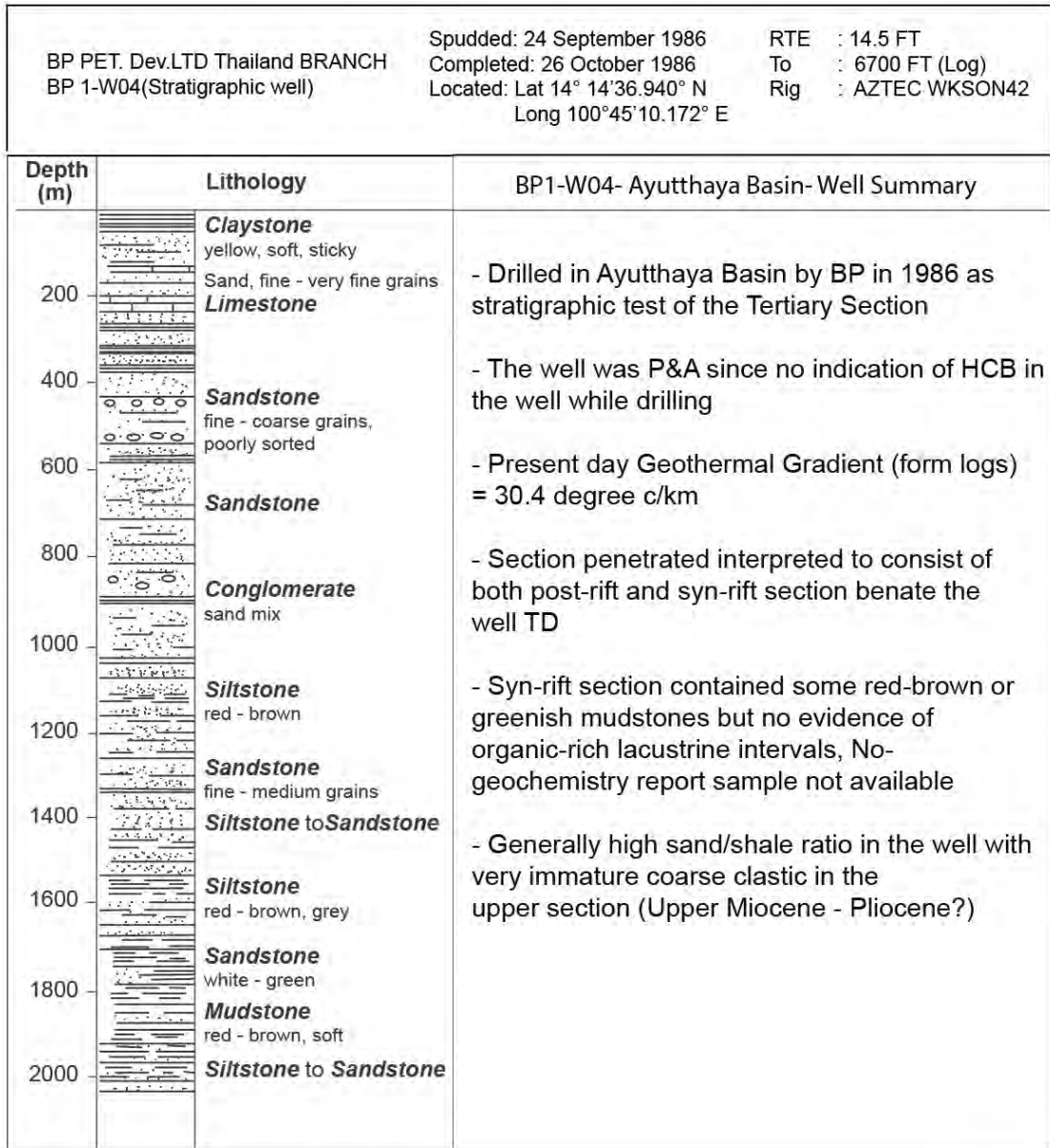
รูปที่ 4.3 แผนภาพวิธีการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติและการนำออกข้อมูลจากการแปลความหมายเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองในโปรแกรม Move™



รูปที่ 4.4 แผนภาพวิธีการสร้างแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติโดยโปรแกรม Move™



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเวลา-ระดับความลึก และวิเสณความชันเพื่อใช้ในการแปลงมาตราส่วน แนวตั้งของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนจากหน่วยเวลา (วินาที) ให้อยู่ในหน่วยระยะทาง (เมตร) จากข้อมูลหลุมเจาะ และข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ



รูปที่ 4.6 รายงานข้อมูลหลุมเจาะ BP1-W04 แสดงข้อมูลชั้นหินและตะกอนภายในหลุมเจาะ BP1-W04 ระดับความลึก 0 ถึง 2,000 เมตร และสรุปการเจาะสำรวจหลุม BP1-W04 บริเวณพื้นที่แอ่งอยุธยา (ดัดแปลงจาก BP1-W04 well report, 1987)

บทที่ 5

ผลการศึกษา

จากการศึกษาและทำการเตรียมข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ พร้อมทั้งข้อมูลหลุมเจาะภายในพื้นที่ศึกษาแอ่งอยุธยา สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ของแอ่งอยุธยาออกมาใน 2 รูปแบบคือ การเทียบลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ (seismic stratigraphy) และ การแปลความหมายโครงสร้างภายในแอ่งอยุธยา (structural interpretation) ซึ่งในส่วนของการเทียบลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนนั้นจะใช้ข้อมูลในการเทียบ 2 ข้อมูลด้วยกัน คือ ส่วนของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติและจากข้อมูลหลุมเจาะ ส่วนการแปลความหมายโครงสร้างภายในแอ่งนั้นจะใช้เพียงข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ซึ่งได้หลังจากการปรับค่าข้อมูลและทำการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนแล้ว มาทำการสร้างภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาของแอ่งอยุธยา ซึ่งผลการศึกษามีดังนี้

5.1 ผลการแปลความหมายลำดับชั้นหินภายในพื้นที่แอ่งอยุธยา

จากการศึกษาข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติและข้อมูลหลุมเจาะภายในพื้นที่ศึกษาแอ่งอยุธยา สามารถที่จะนำข้อมูลทั้ง 2 รูปแบบ มาทำการเทียบเคียงและสามารถสร้างการเทียบเคียงลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติได้ โดยในขั้นตอนนี้จะใช้ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติในแนวการสำรวจ AY-093 ซึ่งอยู่บริเวณทางตอนกลางของแอ่งอยุธยา และข้อมูลหลุมเจาะ BP1-W04 ซึ่งได้ทำการเจาะสำรวจอยู่ในแนวเดียวกับแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-093 ซึ่งลำดับชั้นตอนในการเทียบลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนนั้นทำได้โดย ขั้นตอนแรกจะทำการสร้างสมการการแปลง เวลา-ความลึก ของข้อมูลหลุมเจาะและข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนขึ้นมา จากการพล็อตกราฟระดับความลึกของหลุมเจาะ จากนั้นจะทำการหาความชันของกราฟความลึกที่ได้จากหลุมเจาะมาเป็นสมการ 2 ตัวแปร คือในตัวแปร เวลาซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (msec) และตัวแปรระดับความลึก ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร (meters) และทำการแปลงจากหน่วยเวลาในแนวสำรวจคลื่นไหวสะเทือนเป็นระดับความลึก จากนั้นจะทำการเทียบเคียงตำแหน่งหลุมเจาะและระดับความลึกที่ได้หลังจากการแปลงค่าภายในแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน ขั้นตอนสุดท้ายจะทำการแปลและเทียบเคียงระหว่างเส้นการแปลข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ในแนวการสำรวจ AY-093 เทียบกับชนิดหินภายในความลึกต่างๆจากหลุมเจาะ BP1-W04 (รูปที่ 5.1) ซึ่งสามารถแบ่งได้ 8 หน่วยจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ตามลำดับอายุแก่สุดไปอ่อนสุด ดังนี้

5.1.1 หน่วย Pre-rift จากการศึกษาลักษณะของคลื่นไหวสะเทือนนั้น สามารถแบ่งหน่วย Pre-rift ได้จากการพบลักษณะความเข้มของแอมพลิจูดที่ชัดเจนและจะคาดว่าหน่วย Pre-rift จะเป็นส่วนของหินฐานของแอ่งอยุธยา ซึ่งจากการดูลักษณะทางคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ พบลักษณะของโครงสร้างรูปประทุนภายในหน่วย Pre-rift ดังนั้นจึงคาดว่าลักษณะทางคลื่นไหวสะเทือนที่พบภายในหน่วย Pre-rift นั้น เป็นลักษณะของหินปูน (limestone) ซึ่งเมื่อทำการเทียบเคียงระดับความลึกกับหลุมเจาะ BP1-W04 นั้น พบว่า หน่วย Pre-rift อยู่ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 2,000 เมตร ลงไป จากระดับพื้นดิน และจากการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนพบว่า หน่วย Pre-rift ทางฝั่งตะวันตกของแอ่งอยุธยานั้น จะมีระดับความสูงที่มากกว่าทางตะวันออกของแอ่ง ซึ่งเมื่อเทียบเคียงกับหินฐานของแอ่งสุพรรณบุรีจะพบว่า ในระดับความลึกเดียวกันนั้น ส่วนของหินฐานของแอ่งสุพรรณบุรี จะประกอบไปด้วยหินปูนเนื้อดิน หินอ่อน ดังนั้นจึงคาดว่าหินฐานของแอ่งอยุธยา อาจจะเป็นหินประเภทเดียวกับหินฐานของแอ่งสุพรรณบุรี เนื่องจากระยะทางของแอ่งทั้ง 2 อยู่ใกล้กัน และเกิดในเวลาเดียวกัน (รูปที่ 5.2)

5.1.2 หน่วย Syn-rift I จากลักษณะของคลื่นไหวสะเทือนในการแบ่งชั้นระหว่างหน่วย Syn-rift I ออกจาก Syn-rift II นั้นสามารถทำได้โดยการสังเกตลักษณะรอยชั้นไม่ต่อเนื่องระหว่างชั้นรอยต่อ Syn-rift II และ Syn-rift I ซึ่งจะเห็นว่าลักษณะของคลื่นไหวสะเทือนของหน่วย Syn-rift I จะมีการเอียงเทที่มากกว่าหน่วย Syn-rift II และมีมุมการเอียงเทเข้าหาตัวรอยเลื่อนปกติหลัก โดยจะพบลักษณะของหน่วย Syn-rift I เป็นรูปปลั้ม (wedge-shape) ที่มีความหนาทางด้านตะวันออก โดยเมื่อทำการเทียบเคียงระดับความลึกกับหลุมเจาะ BP1-W04 พบว่าหน่วย Syn-rift I อยู่ที่ระดับความลึก 1,200 เมตร จนถึง 2,100 เมตร จากระดับพื้นดิน ซึ่งหน่วย Syn-rift I นั้น เป็นหน่วยหินหรือตะกอนที่มีการตกสะสมตัวในช่วงแรกของการเปิดแอ่งอยุธยา ซึ่งเกิดการสะสมตัวในช่วงอายุยุคโอลิโกซีนตอนปลายถึงยุคไมโอซีนตอนต้น (late Oligocene to early Miocene) โดยสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift I จะมีการตกสะสมตัวแบบเนินตะกอนน้ำพารูปพัด (alluvial fans) ซึ่งขณะเกิดการสะสมตัวนั้นก็เกิดอยู่ในระหว่างการแยกออกของแอ่งอยุธยาด้วยเช่นกัน (รูปที่ 5.3)

5.1.3 หน่วย Syn-rift II ในการแบ่งหน่วย Syn-rift II ออกจากหน่วย Syn-inversion ทั้ง 3 นั้น จะสามารถแยกได้อย่างชัดเจนจากการดูลักษณะทางคลื่นไหวสะเทือน ที่มีความแตกต่างของลักษณะคลื่นโดยจะพบว่า หน่วย Syn-rift II นั้นจะมีมุมการเอียงเทของคลื่นไหวสะเทือนที่มากกว่าในหน่วย Syn-inversion ซึ่งการเอียงเทของคลื่นไหวสะเทือนนั้นจะมีทิศทางการเอียงเทไปทางทิศตะวันออก ซึ่งเอียงเข้าหารอยเลื่อนปกติหลัก จะทำให้พบลักษณะรอยชั้นไม่ต่อเนื่องของคลื่นไหวสะเทือน และการพบลักษณะการตกสะสมตัวของตะกอนวางตัวด้านบน (onlap) ที่ชัดเจน จึงสามารถแบ่งหน่วย Syn-rift II ออกจาก Syn-inversion I ได้อย่างชัดเจน เมื่อทำการเทียบเคียงระดับความลึกกับข้อมูลหลุมเจาะ BP1-W04 จะพบว่าหน่วย Syn-rift II อยู่ที่ระดับความลึก 800 เมตร ถึง 1,200 เมตร ซึ่งหน่วย Syn-rift II ประกอบไปด้วย หินทรายแป้ง หินโคลน หินดินดาน หินทรายขนาดตะกอนปานกลางถึงละเอียด และยังมีหินกรวดมนแทรกอยู่ด้วย โดยช่วงอายุการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift II นั้นจะอยู่ในยุค ไมโอซีนตอนต้นถึงกลาง โดยจะตกสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวแบบเนินตะกอนน้ำพารูปพัด (รูปที่ 5.4)

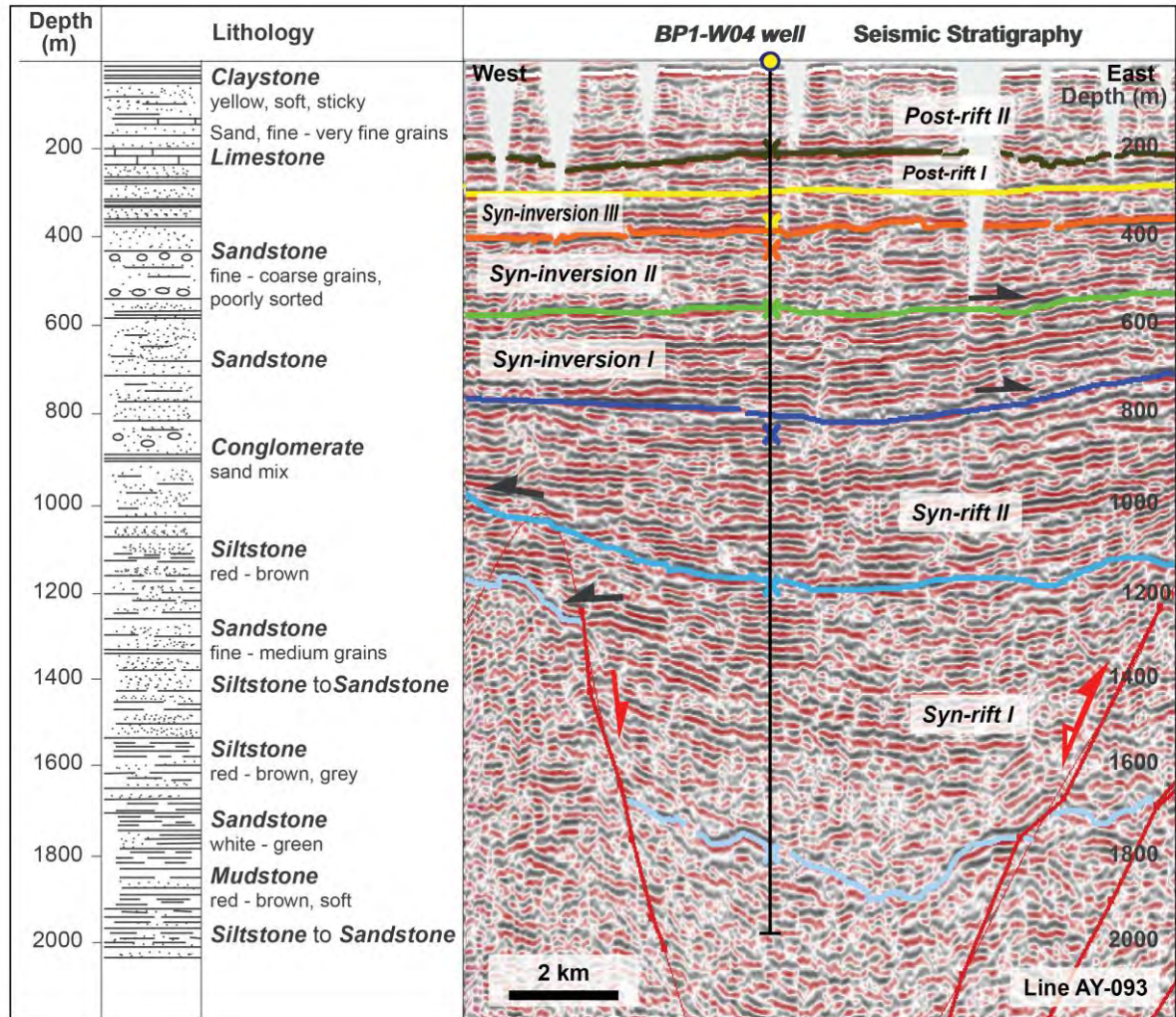
5.1.4. หน่วย Syn-inversion I จากการศึกษาลักษณะของคลื่นไหวสะเทือนสามารถทำการแบ่งชั้นระหว่างหน่วย Syn-inversion I ออกจากหน่วย Syn-rift II ได้ โดยการดูลักษณะการเกิดรอยชั้นไม่ต่อเนื่องของคลื่นไหวสะเทือน (truncation) และการพบลักษณะการตกสะสมตัวของตะกอนวางตัวด้านบน ทั้งนี้หน่วย Syn-inversion I จะวางตัวอยู่ด้านล่างของหน่วย Syn-inversion II แต่จะวางตัวอยู่ด้านบนของหน่วย Syn-rift II โดยจากการเทียบเคียงระดับความลึกกับข้อมูลหลุมเจาะ BP1-W04 พบว่าหน่วย Syn-inversion I อยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 650 เมตร ถึง 800 เมตร จากระดับพื้นดิน และประกอบไปด้วยหินทรายแปง หินดินดาน หินโคลน และหินทราย ขนาดตะกอนละเอียดถึงปานกลางปะปนอยู่ ซึ่งช่วงอายุการสะสมตัวอยู่ในช่วงไมโอซีนตอนกลาง และมีสถานะแวดล้อมการสะสมตัวแบบทะเลสาบ ซึ่งระหว่างการสะสมตัวของหน่วยหิน Syn-inversion I นั้นก็ได้เกิดเหตุการณ์การเกิดโครงสร้างผกผันเช่นเดียวกับหน่วย Syn-inversion II และ Syn-inversion III (รูปที่ 5.5)

5.1.5 หน่วย Syn-inversion II จากลักษณะของคลื่นไหวสะเทือนในการแบ่งชั้นระหว่างหน่วย Syn-inversion II ออกจาก Syn-inversion I นั้นสามารถทำได้โดยการดูลักษณะการเกิดรอยชั้นไม่ต่อเนื่องของคลื่นไหวสะเทือน และการพบลักษณะการตกสะสมตัวของตะกอนวางตัวด้านบน ที่ชัดเจนในช่วงการแบ่งออกจาก หน่วย Syn-inversion I อีกทั้งยังพบลักษณะการเกิดโครงสร้างฮาร์พูน (Harpoon structure) ซึ่งเป็นลักษณะที่พบการเกิดร่วมกับรอยเลื่อนปกติที่เกิดการดันตัวย้อนกลับ เช่นเดียวกับการพบในหน่วย Syn-inversion III ซึ่งหน่วย Syn-inversion II นั้นวางตัวอยู่ใต้หน่วย Syn-inversion III และมีความหนากว่า และพบว่ามีการแสดงลักษณะความต่อเนื่องของคลื่นไหวสะเทือนที่ต่อเนื่องกว่าหน่วย Syn-inversion III เมื่อทำการเทียบเคียงระดับความลึกกับข้อมูลหลุมเจาะ BP1-W04 จะพบว่าหน่วย Syn-inversion II อยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 500 เมตร ถึง 650 เมตร จากระดับพื้นดิน และประกอบไปด้วยหินทรายแปง หินดินดาน หินโคลน และหินทราย ขนาดตะกอนละเอียดถึงปานกลางปะปนอยู่ ซึ่งช่วงอายุการสะสมตัวอยู่ในช่วงไมโอซีนตอนกลาง และมีสถานะแวดล้อมการสะสมตัวแบบทะเลสาบซึ่งระหว่างการสะสมตัวของหน่วยหิน Syn-inversion II นั้นก็ได้เกิดเหตุการณ์การเลื่อนย้อนกลับของรอยเลื่อนปกติร่วมด้วยเช่นเดียวกับหน่วย Syn-inversion III (รูปที่ 5.6)

5.1.6 หน่วย Syn-inversion III จากลักษณะทางคลื่นไหวสะเทือนที่พบจะสามารถทำการแบ่ง หน่วย Syn-inversion III ออกจาก Syn-inversion II ได้จากการพบลักษณะการเกิดรอยชั้นไม่ต่อเนื่องทางคลื่นไหวสะเทือน และยังสามารถพบลักษณะการเกิดโครงสร้างฮาร์พูน ซึ่งเป็นลักษณะที่พบการเกิดร่วมกับรอยเลื่อนปกติที่เกิดการดันตัวย้อนกลับ ซึ่งจะพบส่วนมากทางฝั่งตะวันออกของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 และจากการเทียบเคียงระดับความลึกกับหลุมเจาะ BP1-W04 พบว่า หน่วย Syn-inversion III ประกอบไปด้วยหินทรายแปง หินดินดาน หินทรายปะปนเล็กน้อย และยังพบชั้นของหินปูนบางๆแทรกตัวอยู่ โดยหน่วย Syn-inversion III อยู่ที่ระดับความลึก ประมาณ 400 เมตร ถึง 500 เมตรจากระดับพื้นดิน โดยมีช่วงอายุการเกิดการสะสมตัวในช่วงยุค ไมโอซีนตอนกลาง โดยระหว่างการสะสมตัวนั้นได้เกิดเหตุการณ์การเลื่อนตัวย้อนกลับของรอยเลื่อนปกติ เกิดร่วมด้วยในช่วงเวลาเดียวกัน และพบการสะสมของหน่วย Syn-inversion III ในสถานะแวดล้อมการตกสะสมตัวแบบทะเลสาบ และเมื่อเกิดการดันตัวย้อนกลับของรอยเลื่อนปกตินั้น ทำให้เกิดการยกตัว (uplift) ของหน่วย Syn-inversion III จนสูงเกินระดับพื้น และเปลี่ยนสถานะการสะสมตัวของหน่วย Syn-inversion III ไปเป็นการสะสมตัวแบบระบบทางน้ำ (รูปที่ 5.7)

5.1.7 หน่วย Post-rift I จากการแบ่งหน่วยหิน Post-rift I ออกจาก Post-rift II และ Syn-inversion III นั้น สามารถทำการแยกได้โดยการสังเกตลักษณะการเกิดรอยชั้นไม่ต่อเนื่องทางคลื่นไหวสะเทือน (truncation terminator) และการพบลักษณะการตกสะสมตัวของตะกอนวางตัวด้านบน ที่ชัดในช่วงการแบ่ง Post-rift I อีกทั้งยังพบลักษณะความต่อเนื่องของคลื่นที่ดีและต่อเนื่องกันภายในช่วงหน่วย Post-rift I ด้วยเหตุผลนี้จึงสามารถทำการแบ่งหน่วย Post-rift I และ Post-rift II ออกจากหน่วย Syn-inversion III ได้ เมื่อทำการเทียบเคียงจากระดับความลึกกับหลุมเจาะ BP1-W04 แล้วจะพบว่า หน่วย Post-rift II มีการสะสมตัวอยู่ด้านล่างหน่วย Post-Rift II ที่ระดับความลึกประมาณ 200 เมตร ถึง 400 เมตร จากระดับพื้นดิน และสามารถเทียบเคียงชนิดหินของหน่วย Post-rift I ประกอบไปด้วยหินทรายแป้งสีแดง หินทรายขนาดตะกอนหยาบถึงปานกลาง และหินกรวดมน โดยมีช่วงการสะสมตัวอยู่ในยุค โพลีโอซีนตอนต้นและมีสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวแบบระบบทางน้ำ ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับชนิดหินจากหน่วย Post -rift II (รูปที่ 5.8)

5.1.8 หน่วย Post-rift II จากการเทียบเคียงจากระดับความลึกจะพบว่า หน่วย Post-rift II จะมีการสะสมตัวอยู่ในด้านบนสุดของลำดับชั้นหิน ซึ่งอยู่ในช่วงความลึกจากระดับ 0 เมตร จนถึงความลึก 200 เมตร จากระดับพื้นดิน จากการเทียบเคียงกับข้อมูลหลุมเจาะจะพบว่า หน่วย Post-rift II นั้น ประกอบไปด้วยหินทรายแป้ง หินทราย และหินกรวดมน โดยขนาดตะกอนของหินทรายจะมีขนาดปานกลางถึงละเอียด ซึ่งมีช่วงอายุการสะสมตัวอยู่ในช่วงยุคโพลีโอซีนจนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีการตกสะสมตัวอยู่ในการสะสมตัวระบบทางน้ำ (รูปที่ 5.9)



รูปที่ 5.1 ลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติภายในแอ่งอยุธยา ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบชั้นหินจากข้อมูลหลุมเจาะ BP1-W04 และข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 โดยจากลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ จะสามารถพบลักษณะของคลื่นไหวสะเทือน ที่มีความแตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งเป็น 8 หน่วย คือ Pre-rift Syn-rift I Syn-rift II Syn-inversion I Syn-inversion II Syn-inversion III Post-rift II และ Post-rift I ตามลำดับการเกิดการสะสมตัวจากอายุมากไปอายุน้อย

5.2 ผลการแปลความหมายโครงสร้างภายในพื้นที่แอ่งอยุธยา

จากการศึกษาและแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติในบริเวณพื้นที่ศึกษาแอ่งอยุธยา ซึ่งใช้ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ จำนวน 8 แนวการสำรวจ โดยแบ่งเป็น แนวการสำรวจในทิศตะวันตก-ตะวันออก จำนวน 7 แนว และในแนวการสำรวจในทิศเหนือ-ใต้ จำนวน 1 แนวการสำรวจ สามารถแปลความหมายโครงสร้างภายในแอ่งอยุธยาได้ดังนี้

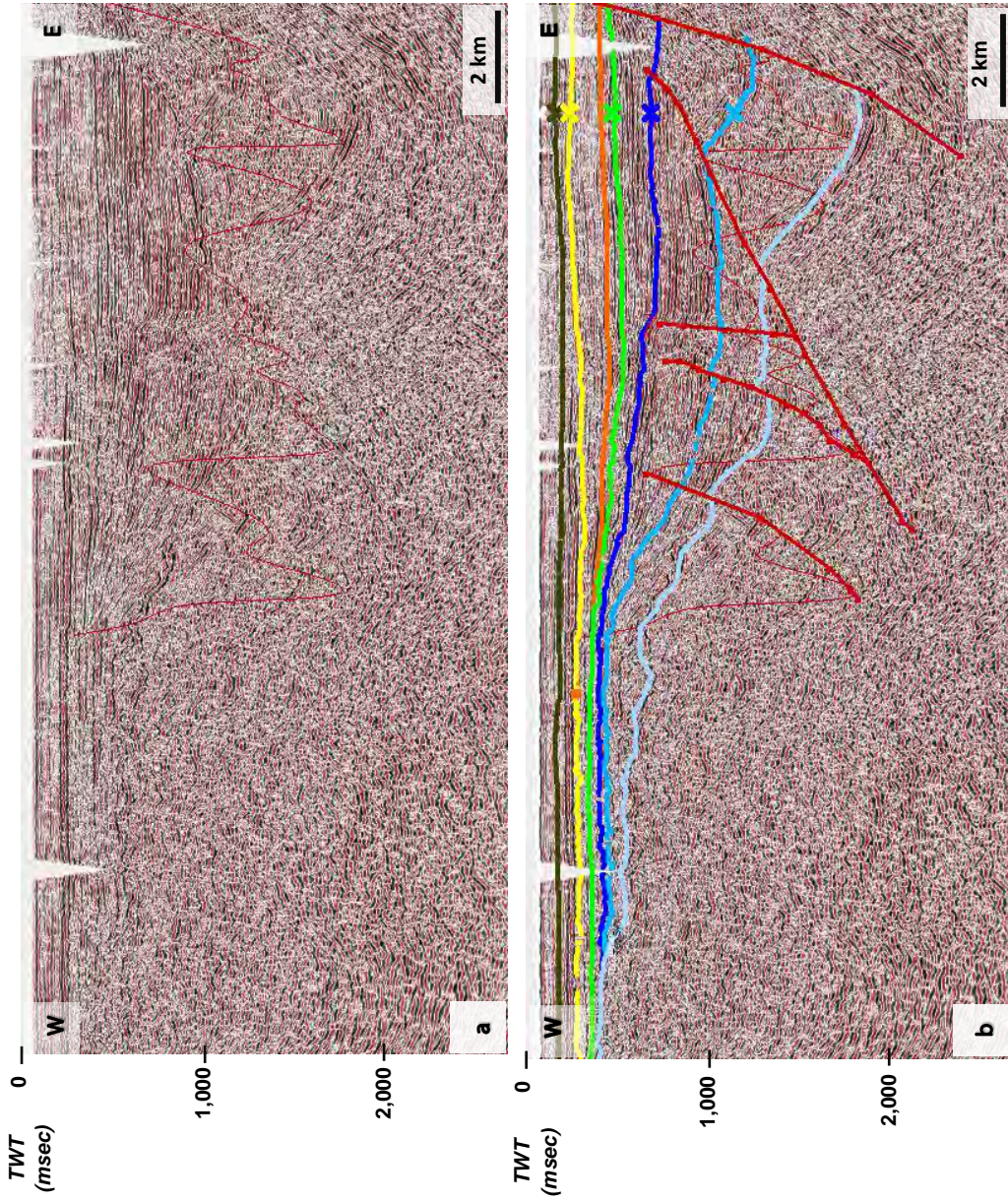
5.2.1 แนวการสำรวจในทิศ ตะวันตก-ตะวันออก 7 แนวการสำรวจ ; ประกอบด้วยแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ AY-051, AY-033, AY-003-2, AY-011, AY-013, AY-001-2, AY-093 โดยเรียงลำดับจากแนวการสำรวจที่วางตัวอยู่ทางด้านเหนือของแอ่งอยุธยาลงมาทางด้านใต้ของแอ่งอยุธยาตามลำดับ (รูปที่ 5.10 – 5.16)

5.2.2 แนวการสำรวจในทิศ เหนือ-ใต้ 1 แนวการสำรวจ ; ประกอบด้วยแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ AY-018 ซึ่งแนวการสำรวจมีความยาวจากทางด้านเหนือของแอ่งอยุธยาลงมาทางด้านใต้ของแอ่งอยุธยาประมาณ 80 กิโลเมตร (รูปที่ 5.17)

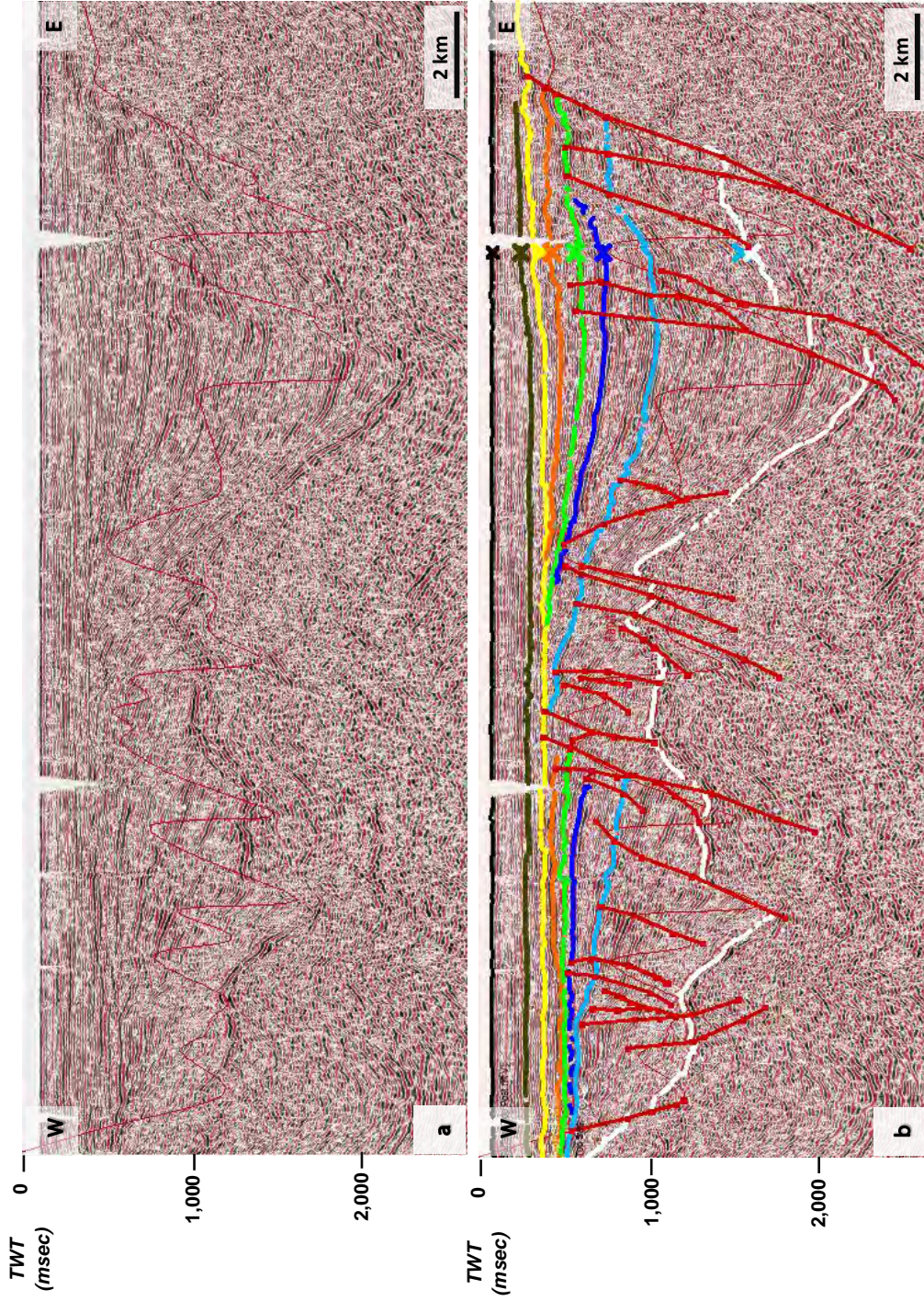
ซึ่งหลังจากทำการแปลความหมายโครงสร้างภายในแอ่งอยุธยาจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติแล้ว จะพบลักษณะโครงสร้างที่สำคัญทั้งหมด 2 โครงสร้าง ดังนี้

รอยเลื่อนปกติหลัก (major normal faults) ซึ่งรอยเลื่อนปกติหลักนั้นจะพบได้ในทุกแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ซึ่งจะพบอยู่บริเวณทางตอนกลางจนถึงทางด้านตะวันออกของแอ่งอยุธยา ซึ่งรอยเลื่อนปกตินี้จะเป็นรอยเลื่อนหลักควบคุมโครงสร้างของแอ่ง (border fault) ซึ่งมีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตกและมีระยะการเลื่อนไถล (displacement) ประมาณ 20-50 เมตร ซึ่งนอกจากนี้ยังพบลักษณะการเกิดการหมุนเอียงแบบโดมิโน (domino-style faults) ของรอยเลื่อนปกติขนาดเล็กบริเวณทางฝั่งตะวันออกของแอ่งอยุธยาเช่นกัน ซึ่งมีมุมการเอียงเทไปทางทิศตะวันตกเช่นเดียวกับรอยเลื่อนปกติหลัก (รูปที่ 5.15)

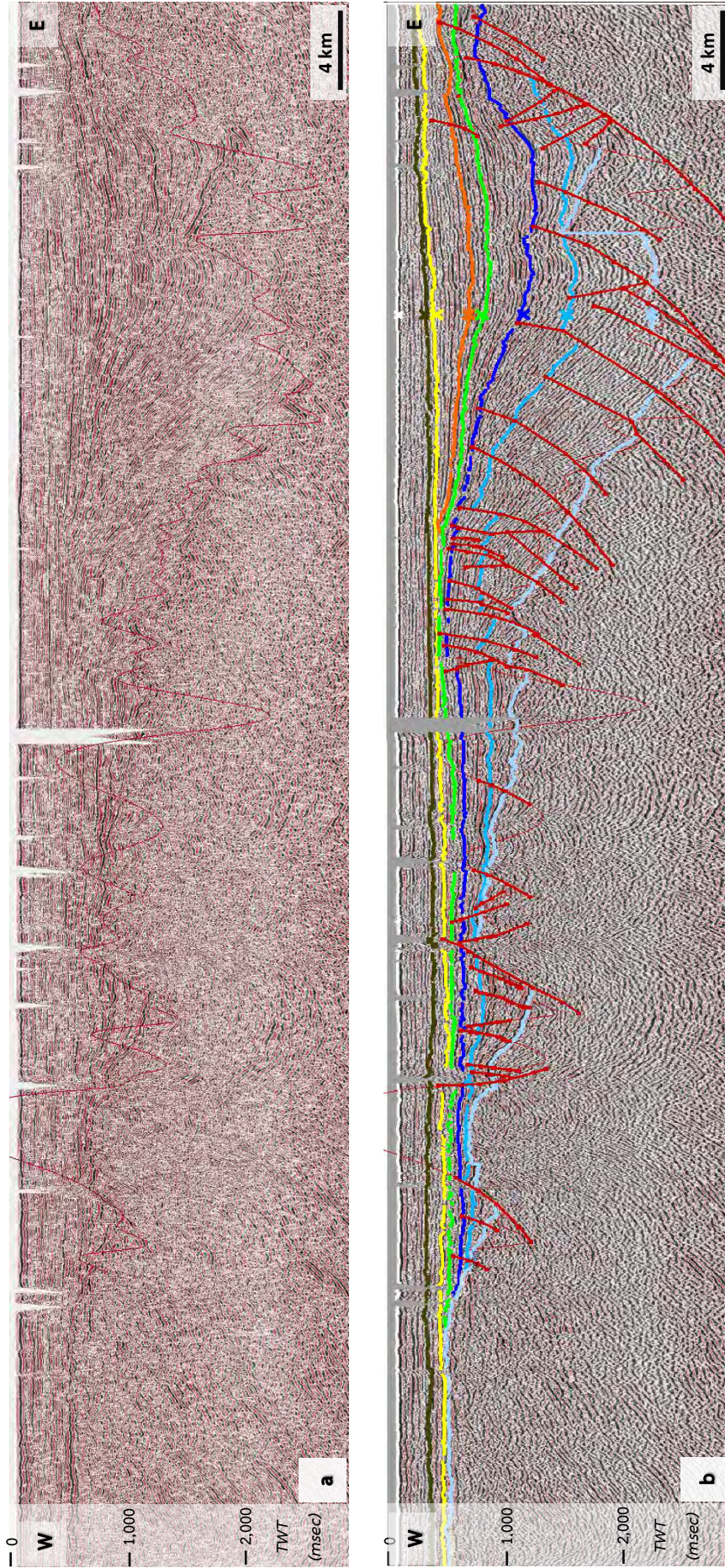
โครงสร้างฮาร์พูน (harpoon structure) โครงสร้างชนิดนี้จะพบโดยส่วนมากในแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของแอ่ง และตำแหน่งที่พบลักษณะโครงสร้างชนิดนี้มักจะพบอยู่บริเวณทางฝั่งตะวันตกเฉียงใต้ของตัวแอ่งมากกว่าทางเหนือหรือทางด้านตะวันตกของแอ่งอยุธยา ทั้งนี้การเกิดโครงสร้างฮาร์พูนนั้นเกิดจากการเกิดโครงสร้างผกผันซึ่งจะพบลักษณะโครงสร้างแบบโค้งงออยู่ตามบริเวณรอยเลื่อนปกติหลักอยู่ทางตอนกลางหรือทางด้านตะวันออกของแอ่งอยุธยา โดยการพบลักษณะโครงสร้างแบบโค้งงอนั้น จะไม่ค่อยพบทางด้านตอนเหนือของแอ่งอยุธยา ทั้งนี้จึงคาดว่าแรงที่มากระทำหรือเข้ามาบีบอัดนั้น มีแรงการดันตัวเข้ามาในแนวตะวันตกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ (NNW-SSE)



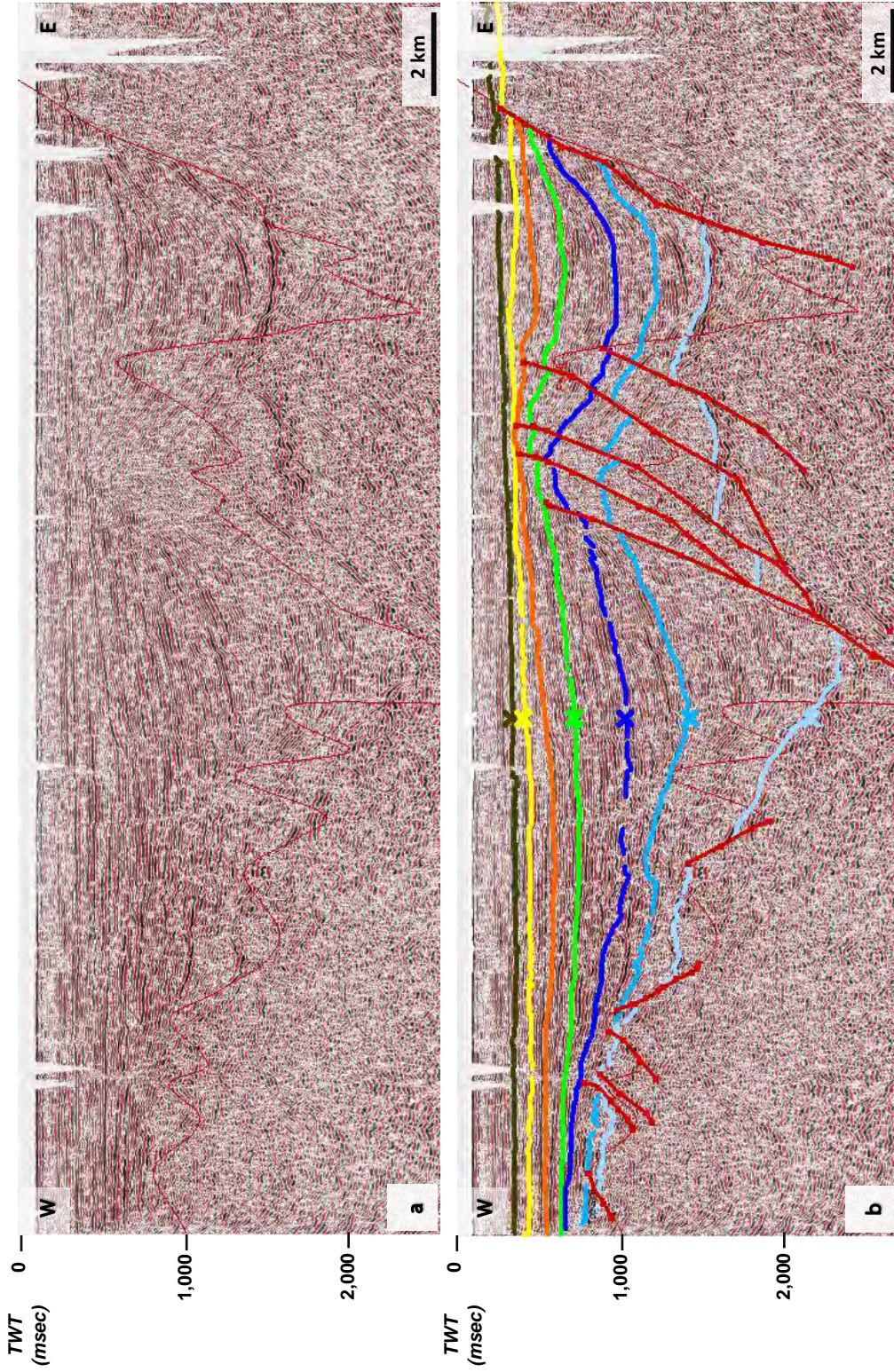
รูปที่ 5.2 การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-051 โดย a) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ b) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แสดงเส้นแนวความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหิน



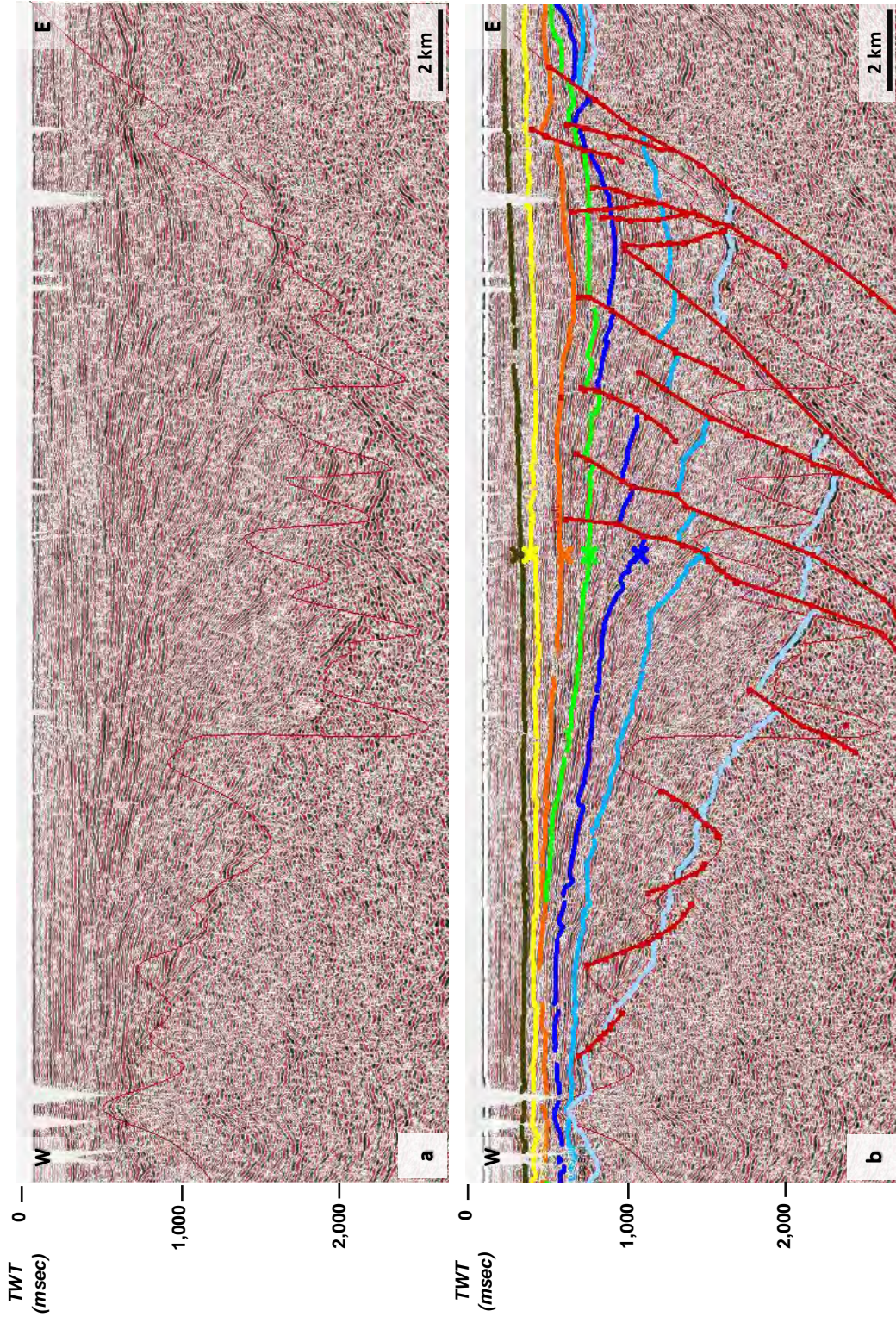
รูปที่ 5.3 การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-033 โดย a) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ b) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แสดงเส้นแนวโครงสร้างและลำดับชั้นหิน



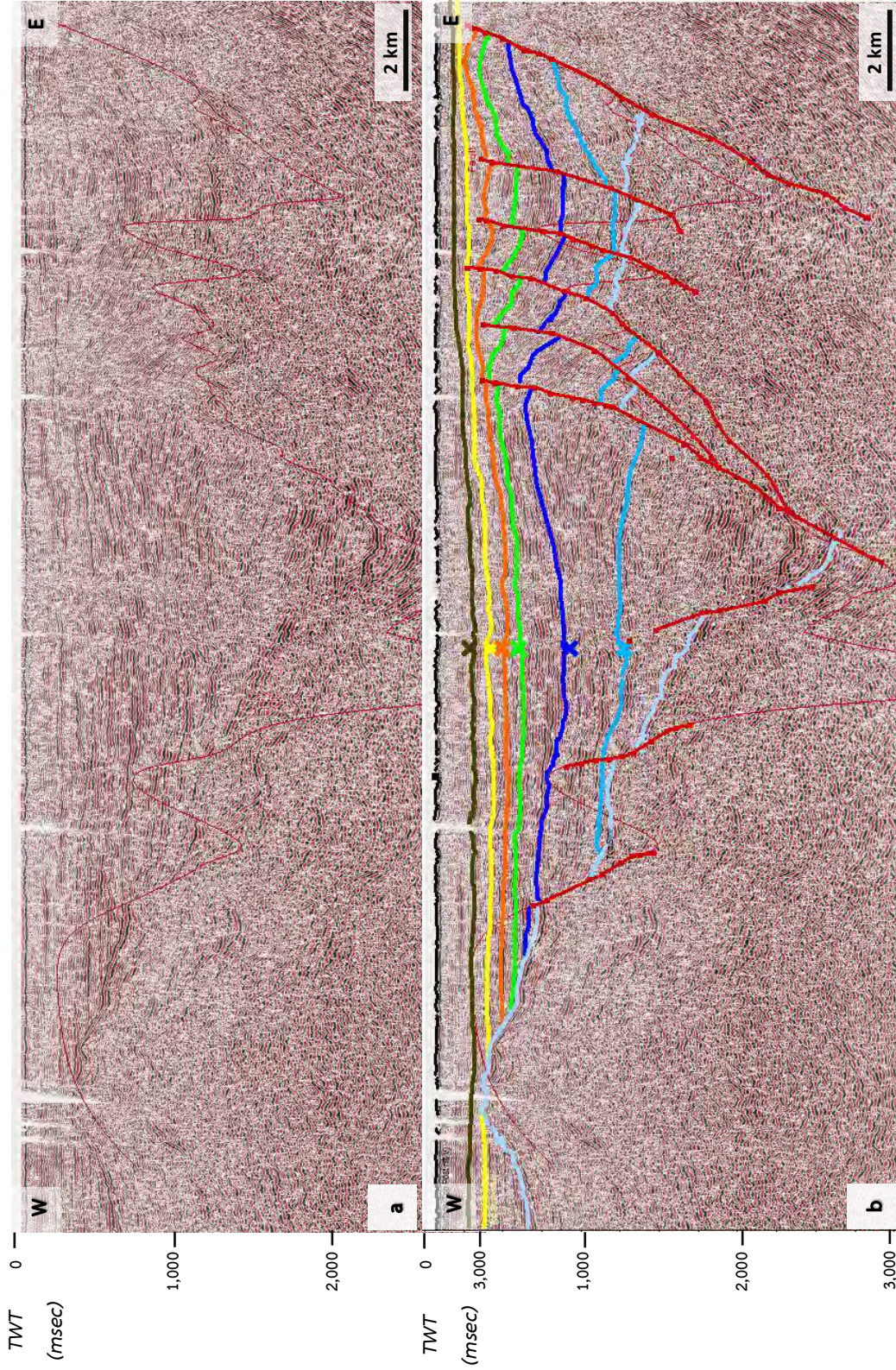
รูปที่ 5.4 การแปลความหมายโครโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-003-2 โดย a) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ b) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แสดงเส้นแปลความหมายโครโครงสร้างและลำดับชั้นหิน



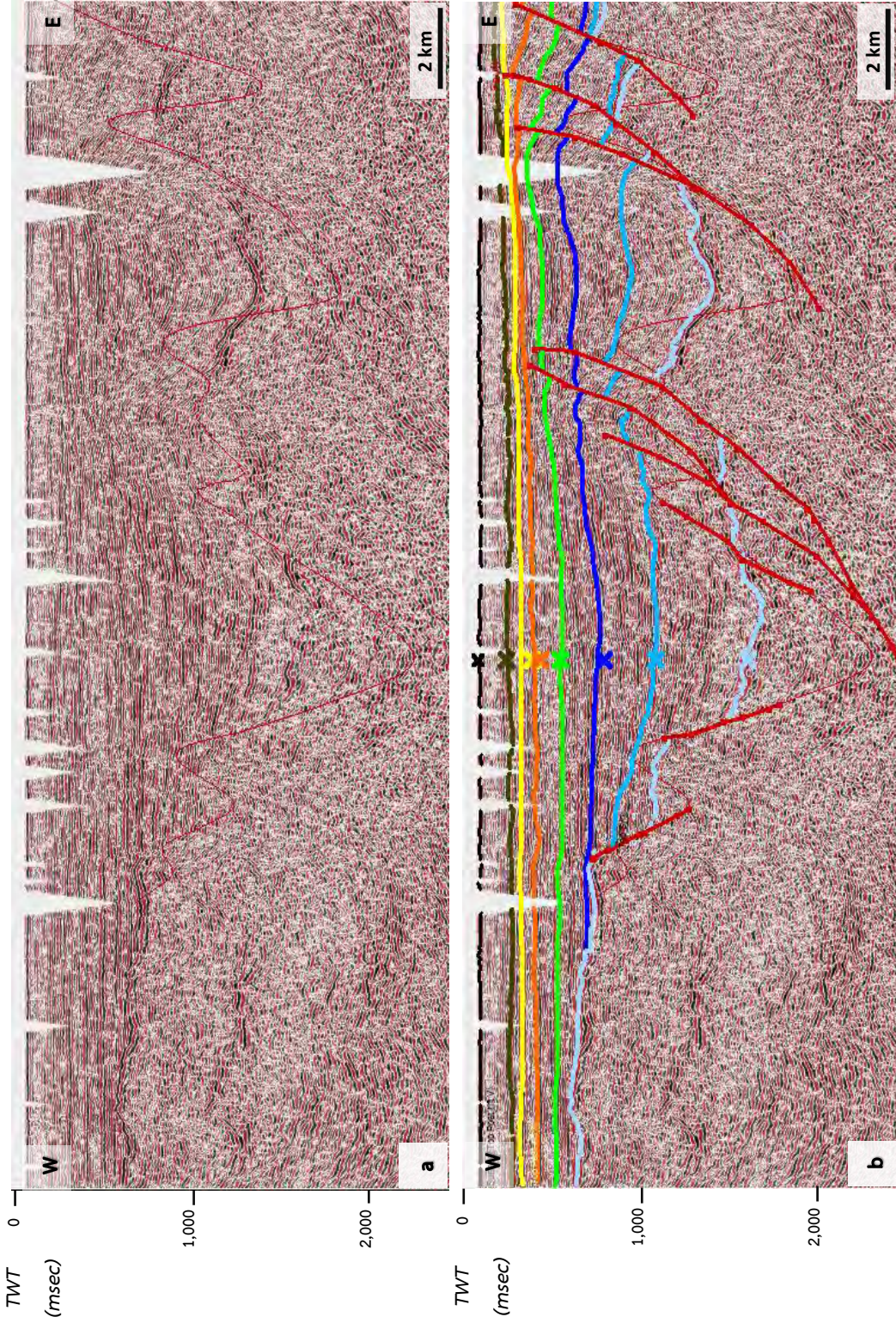
รูปที่ 5.5 การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-011 โดย a) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ b) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แสดงเส้นแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหิน



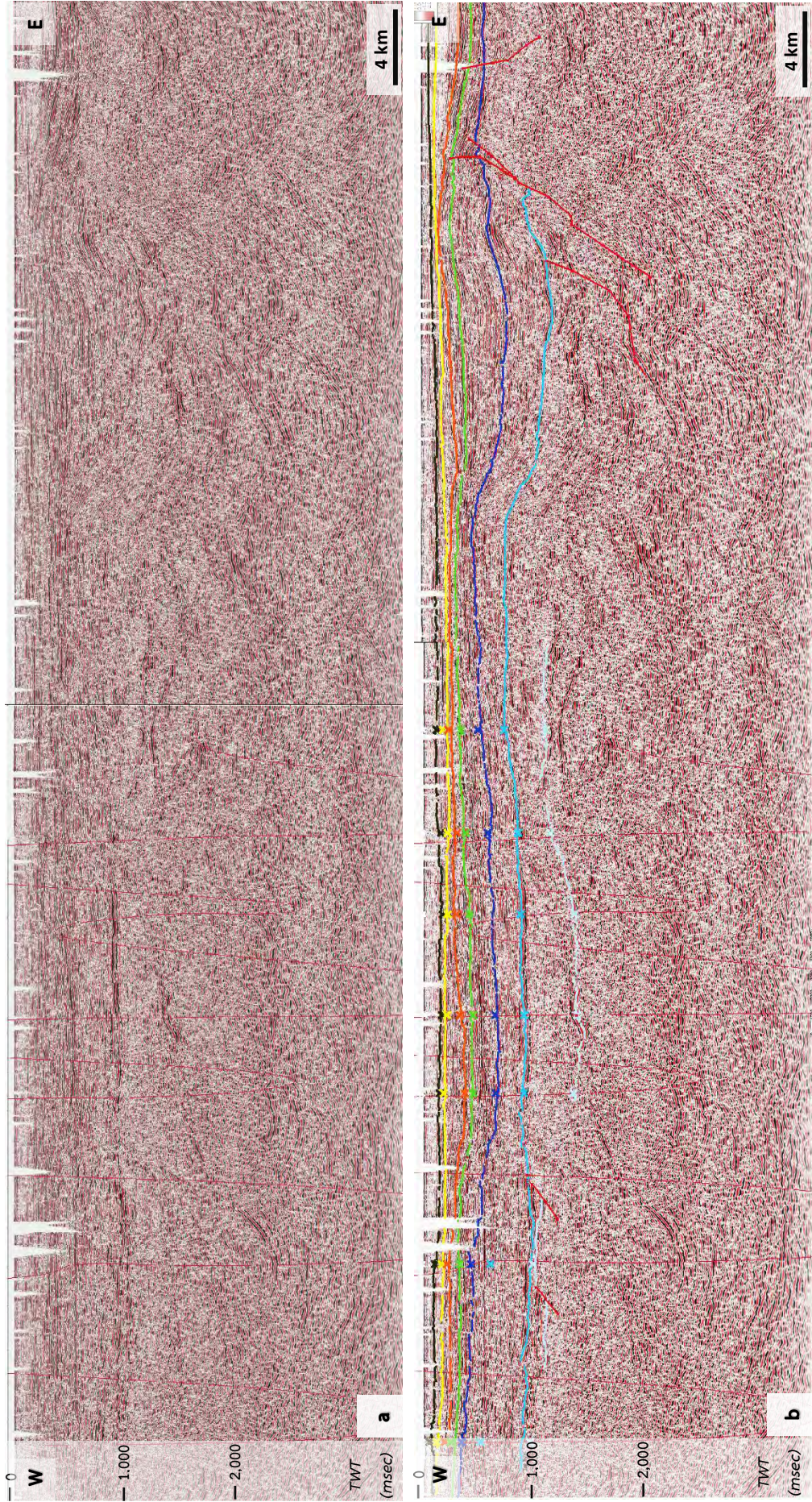
รูปที่ 5.6 การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-013 โดย a) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ b) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แสดงเส้นแนวโครงสร้างและลำดับชั้นหิน



รูปที่ 5.7 การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-001-2 โดย a) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ b) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แสดงเส้นแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหิน



รูปที่ 5.8 การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-093 โดย a) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ b) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แสดงเส้นแนวความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหิน



รูปที่ 5.9 การแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน AY-018 โดย a) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ b) ภาพหน้าตัดข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แสดงเส้นแปลความหมายโครงสร้างและลำดับชั้นหิน

5.3 การสมดุลและการกลับสภาพเดิม บริเวณพื้นที่แอ่งอยุธยา

งานวิจัยฉบับนี้ ได้ทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมกับแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติภายในแอ่งอยุธยาจำนวน 5 แบบจำลองด้วยกัน คือ แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากแนวการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ AY-018, AY-051, AY-003-2, AY-001 และ AY-093 (รูปที่ 5.18) ตามลำดับ

จากข้อมูลการทำสมดุลและการกลับสภาพเดิมของแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติภายในแอ่งอยุธยาจำนวน 5 แบบจำลอง สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบของตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงผลวิเคราะห์การทำสมดุลและการกลับสภาพเดิม แนวการสำรวจ AY-018

<i>Horizon</i>	<i>L</i> (m)	<i>L0</i> (m)	β	<i>Uplift</i> <i>Hight</i> (m)
Top Syn-inversion III	29619	29715	0.996769	133.62
Top Syn-inversion II	29514	29696	0.993871	150.23
Top Syn-inversion I	29621	29706	0.997139	132.52
Top Syn-rift II	9634	7604	1.266965	-
Top Syn-rift I	9723	7657	1.269818	-
Average	21622.2	20875.6	1.03576	138.79

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลวิเคราะห์การทำสมดุลและการกลับสภาพเดิม แนวการสำรวจ AY-051

<i>Horizon</i>	<i>L</i> (m)	<i>L0</i> (m)	β	<i>Uplift</i> <i>Hight</i> (m)
Top Syn-inversion III	24129	24220	0.996243	113.42
Top Syn-inversion II	13943	13977	0.997567	110.23
Top Syn-inversion I	24141	24237	0.996039	122.9
Top Syn-rift II	25756	20766	1.240297	-
Top Syn-rift I	24166	19147	1.26213	-
Average	22427	20469.4	1.09564	115.5167

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลวิเคราะห์การทำสมดุลและการกลับสภาพเดิม แนวการสำรวจ AY-003-2

<i>Horizon</i>	<i>L</i> (m)	<i>L0</i> (m)	β	<i>Uplift</i> <i>Hight</i> (m)
Top Syn-inversion III	57001	57286	0.995025	129.62
Top Syn-inversion II	48507	48741	0.995199	175.56
Top Syn-inversion I	47773	48032	0.994608	121.1
Top Syn-rift II	57126	45619	1.252241	-
Top Syn-rift I	48580	40235	1.207406	-
Average	51797.4	47982.6	1.0795	142.0933

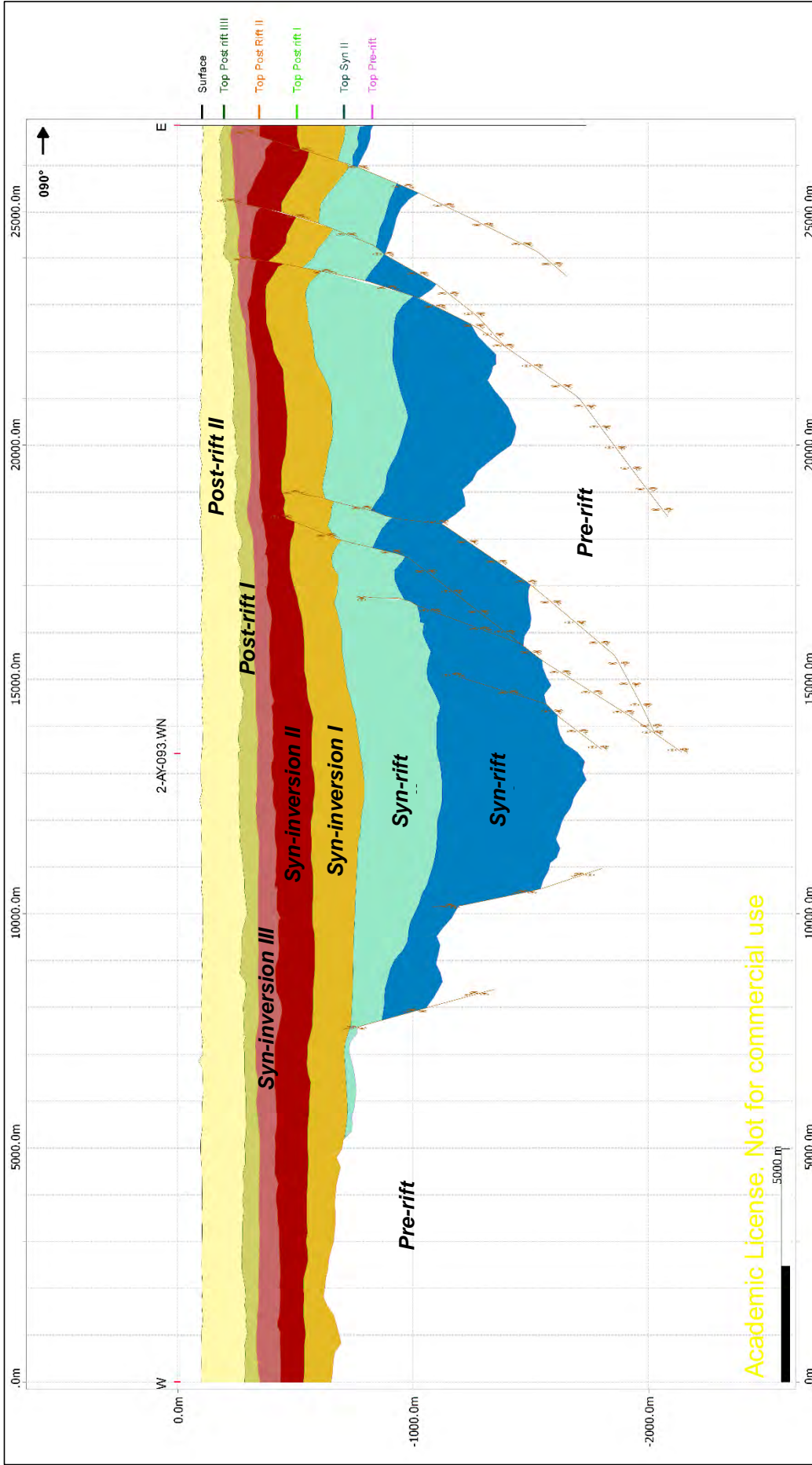
ตารางที่ 4 ตารางแสดงผลวิเคราะห์การทำสมดุลและการกลับสภาพเดิม แนวการสำรวจ AY-001-2

<i>Horizon</i>	<i>L</i> (m)	<i>L0</i> (m)	β	<i>Uplift</i> <i>Hight</i> (m)
Top Syn-inversion III	30791	31782	0.968819	171.58
Top Syn-inversion II	25909	26876	0.96402	151.92
Top Syn-inversion I	24937	25925	0.96189	152.05
Top Syn-rift II	24512	18892	1.29748	-
Top Syn-rift I	25292	19761	1.279895	-
Average	26288.2	24647.2	1.06658	158.5167

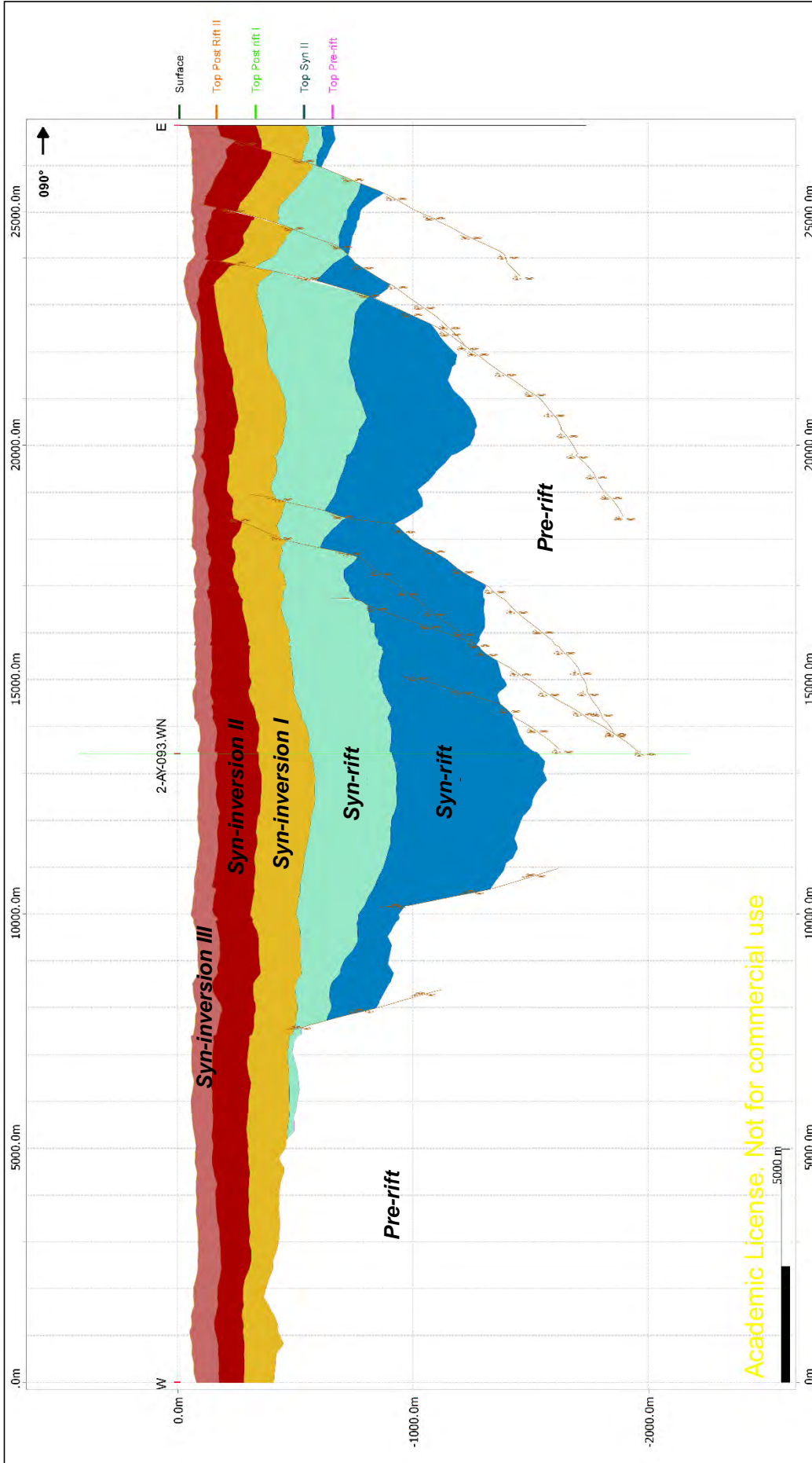
ตารางที่ 5 ตารางแสดงผลวิเคราะห์การทำสมดุลและการกลับสภาพเดิม แนวการสำรวจ AY-093

<i>Horizon</i>	<i>L</i> (m)	<i>L0</i> (m)	β	<i>Uplift</i> <i>Hight</i> (m)
Top Syn-inversion III	26,853	26,858	0.999814	95.238
Top Syn-inversion II	26,701	26,732	0.99884	119.04
Top Syn-inversion I	8,179	8,199	0.997561	190.476
Top Syn-rift II	12,775	10,174	1.255652	-
Top Syn-rift I	8,864	7,362	1.204021	-
Average	16674.4	15865	1.05102	134.918

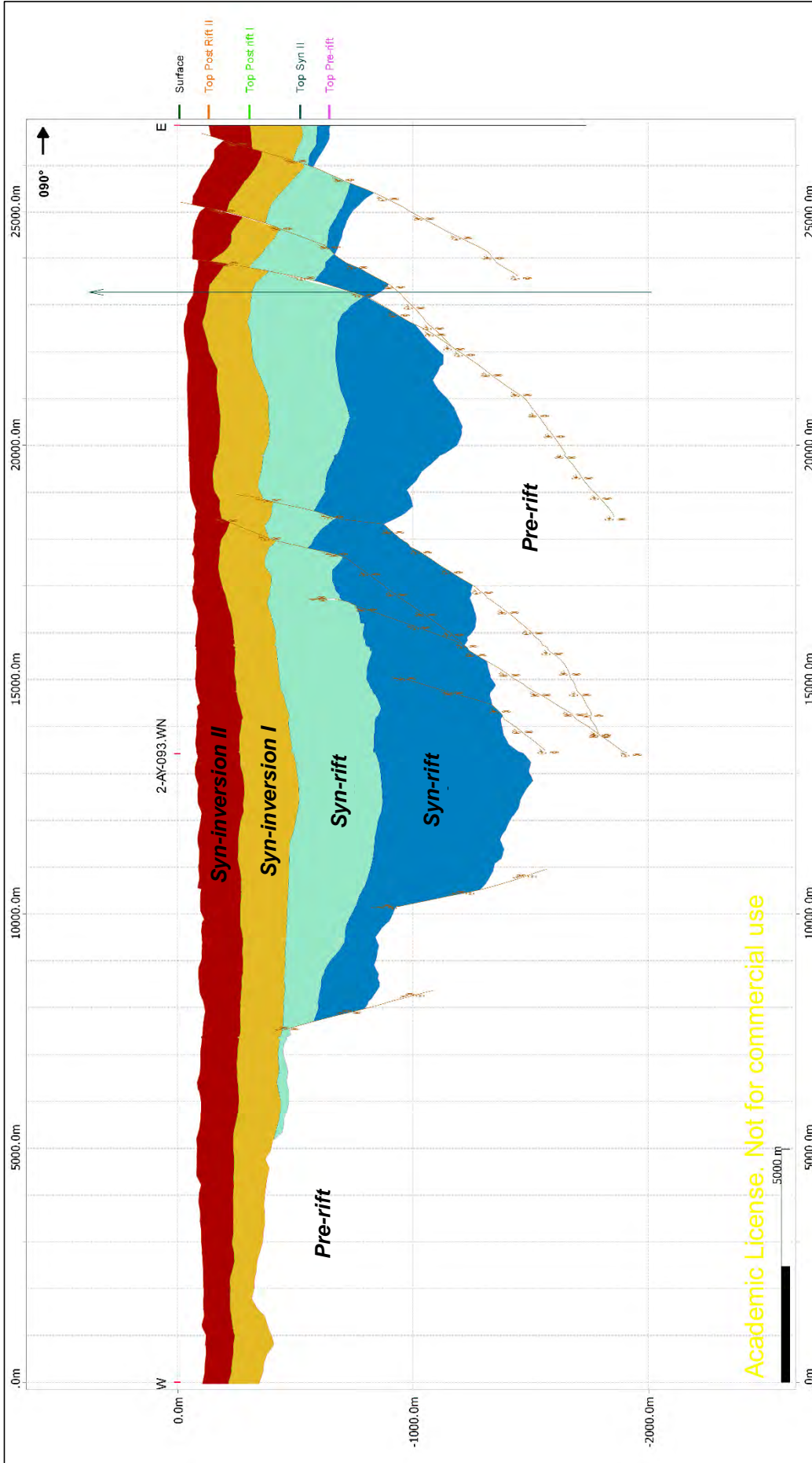
โดยสรุปแล้ว จากข้อมูลการวิเคราะห์การสมดุลและการกลับสภาพเดิมของแบบจำลองทั้ง 5 แบบจำลอง สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ ซึ่งช่วงของการเกิดการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift I และ Syn-rift II จะพบว่าค่าการยืดตัว (stretching value) โดยรวมของแอ่งอยุธยาจะอยู่ที่ 1.25 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 ดังนั้นในการพัฒนาของแอ่งในช่วงการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift I และ Syn-rift II แอ่งจะอยู่ในระบบการยืดตัว ซึ่งระหว่างการยืดตัวนี้เองได้มีการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift I และ Syn-rift II ด้วย และเมื่อหยุดการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift I และ Syn-rift II ได้พบว่าหน่วย Syn-inversion I, Syn-inversion II และ Syn-inversion III มีค่าการยืดตัวของแอ่งอยุธยาที่ 0.98 ซึ่งจะเห็นว่ามิต่ำน้อยกว่า 1 ดังนั้นจึงสามารถอธิบายได้ถึงแอ่งอยุธยาได้มีการเปลี่ยนแปลงการพัฒนาของแอ่งจากระบบเดิมซึ่งเป็นระบบการยืดตัวเปลี่ยนเข้าสู่ระบบการถูกบีบอัด ซึ่งเกิดในช่วงการสะสมตัวของหน่วย Syn-inversion I, Syn-inversion II และ Syn-inversion III ทั้งนี้หลังจากการสะสมตัวของหน่วย Syn-inversion I, Syn-inversion II และ Syn-inversion III แล้ว ตัวแอ่งอยุธยาจะเข้าสู่สภาวะการจมตัวในแนวตั้งในช่วงการสะสมตัวของหน่วย Post-rift I และ Post-rift II จนถึงปัจจุบัน



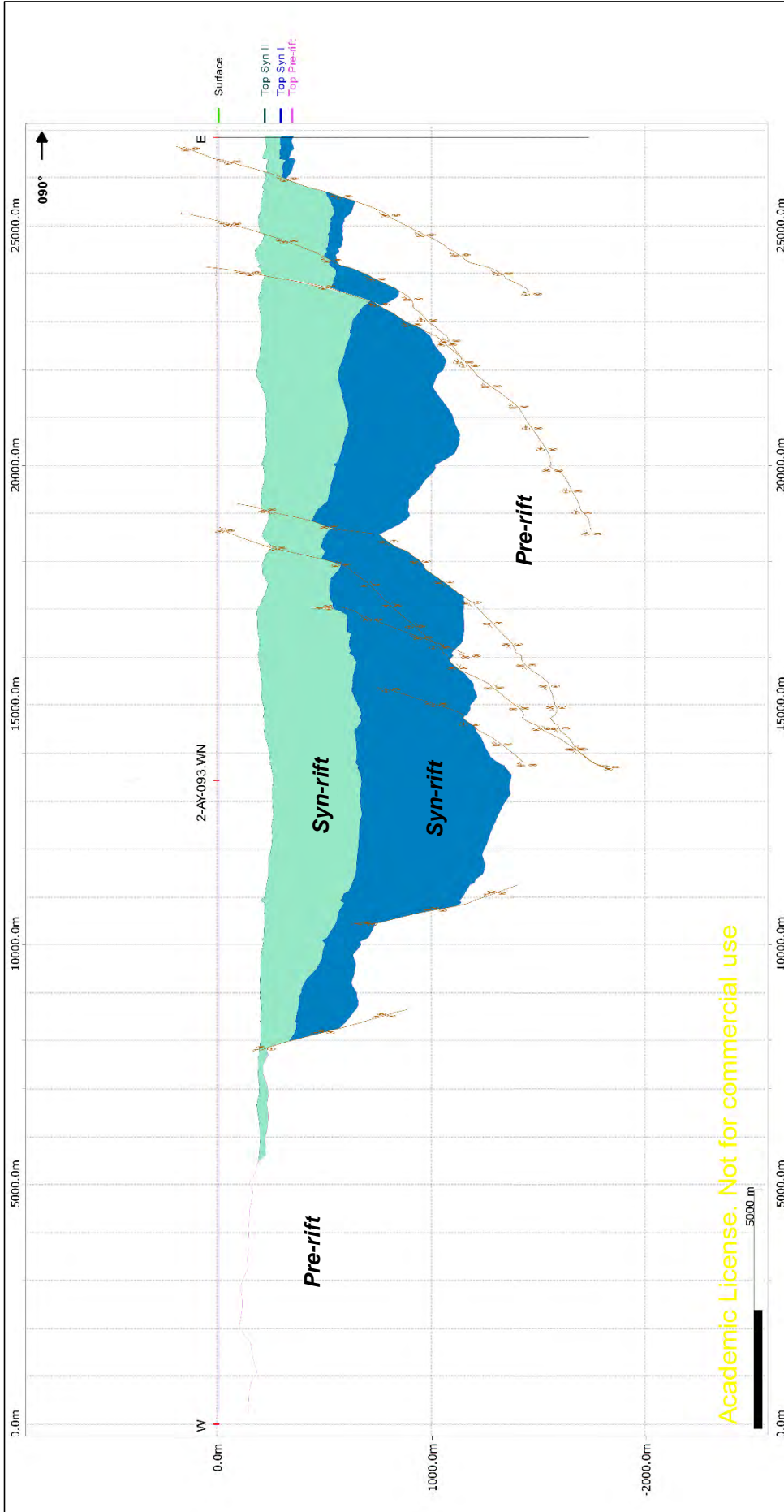
รูปที่ 5.10 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 ก่อนทำการสมมติและการกลับสภาพเดิม



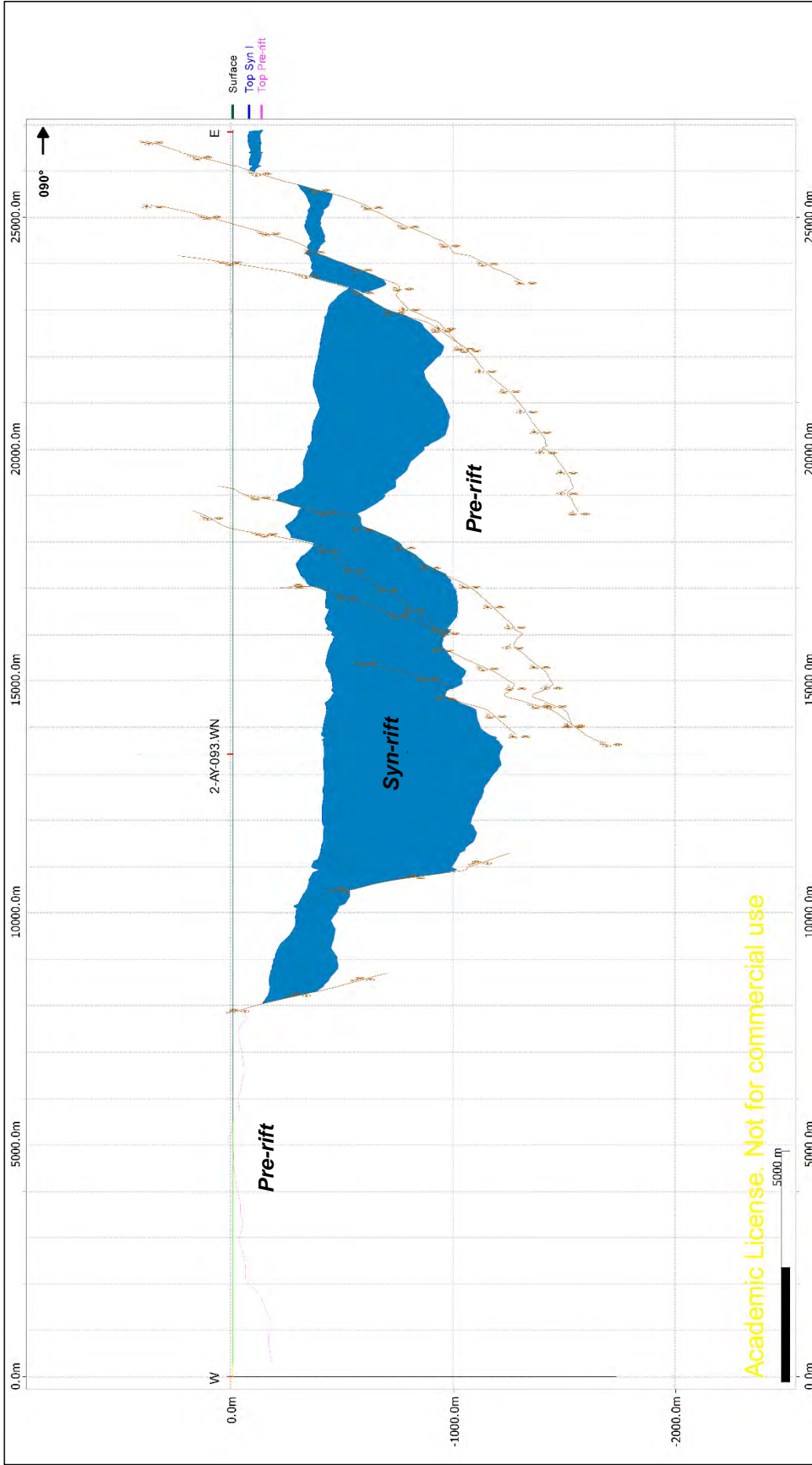
รูปที่ 5.11 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 หลังทำการสมมูลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินเปิดทับหน่วย Post-rift I และ Post-rift II ออก (decompaction)



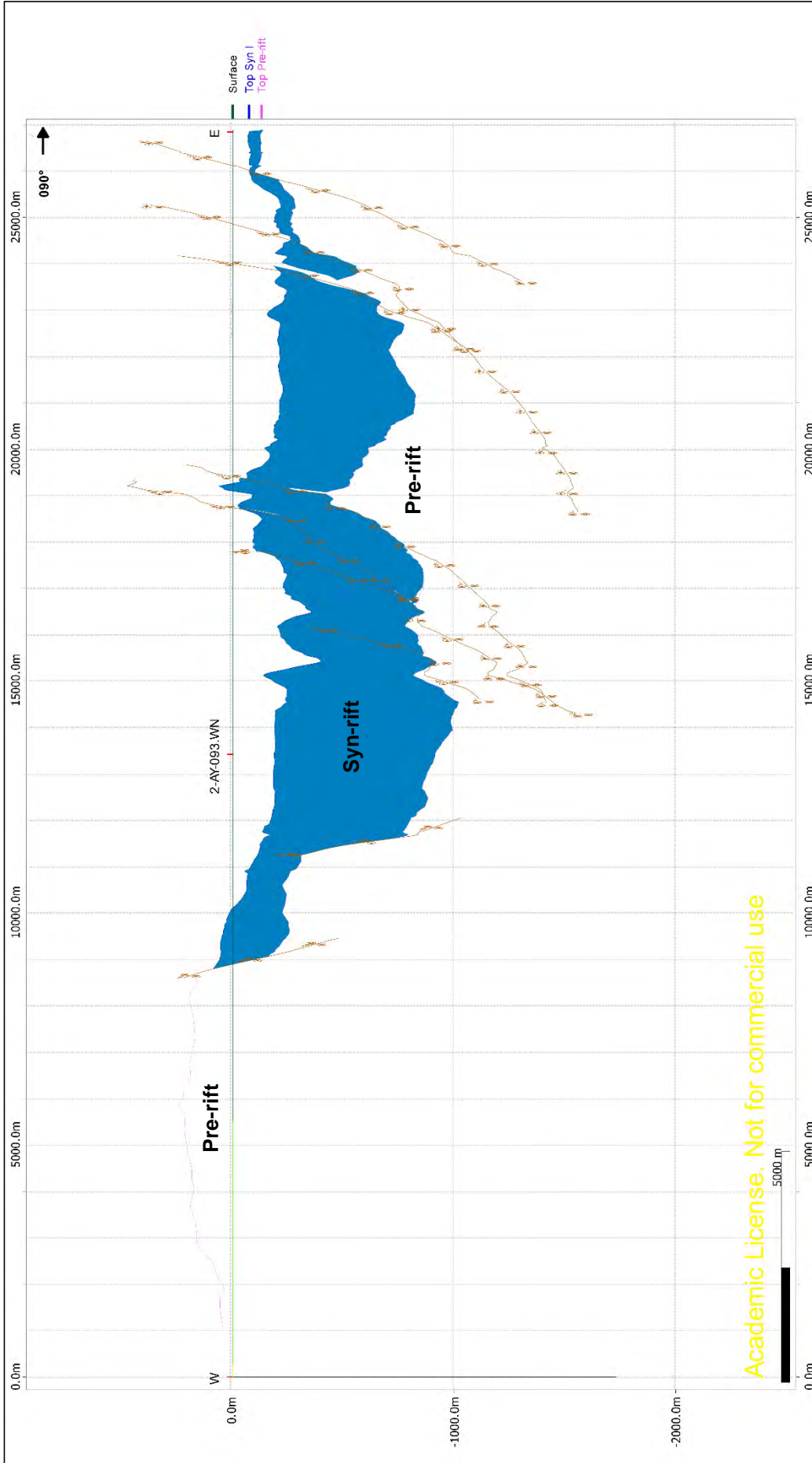
รูปที่ 5.12 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 หลังทำการสมมูลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินเปิดทับหน่วย Syn-inversion III ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดขึ้นหินคดโค้งหน่วย Syn-inversion III (unfolding method)



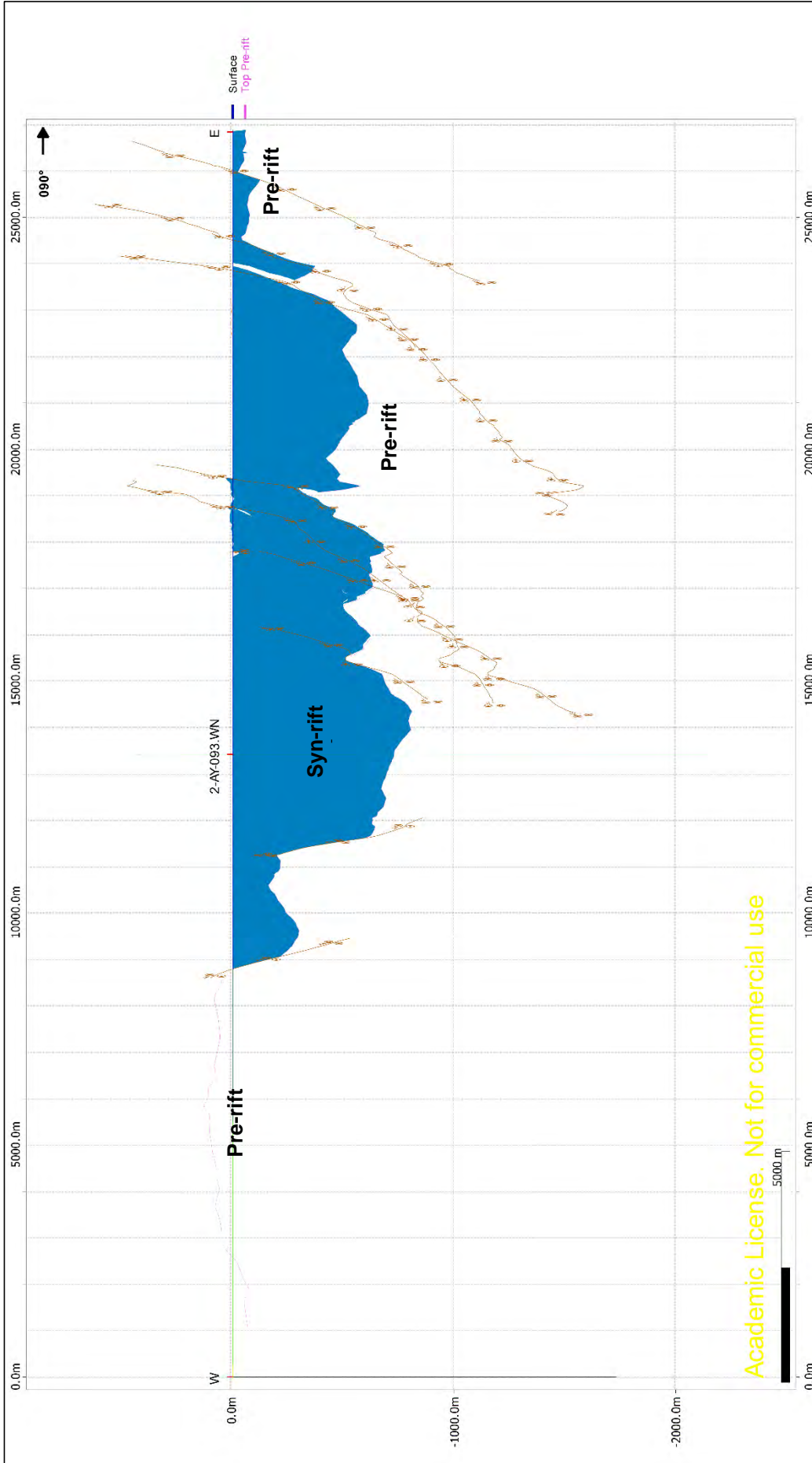
รูปที่ 5.13 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 หลังทำการสมุดและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-inversion II และ I ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดขึ้นหินคดโค้งหน่วย Syn-inversion II และ Syn-inversion I



รูปที่ 5.14 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 หลังทำการสมุดและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินเปิดทับหน่วย Syn-rift II ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดขึ้นหินคดโค้งหน่วย Syn-rift II



รูปที่ 5.15 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 หลังทำการสมมูลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนการเลื่อนตัวของรอยเลื่อน (move on fault) หน่วย Syn-rift I



รูปที่ 5.16 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-093 หลังทำการสมมูลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-rift I

บทที่ 6

อภิปรายผล O O

การอภิปรายผลจากการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ บริเวณพื้นที่แอ่งอยุธยา และจากการสร้างแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินภายในแอ่งอยุธยา รวมถึงการทำสมดุลและการกลับสภาพของแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินภายในแอ่งอยุธยานั้น สามารถที่จะนำมาสร้างเป็นแบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยาได้ และยังสามารถนำแบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยานั้นมาเชื่อมโยงหรือหาความสัมพันธ์กับการเกิดธรณีแปรสัณฐานในบริเวณภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และในพื้นที่บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทยได้อย่างมีเหตุผลอีกด้วย ซึ่งการอภิปรายผลในงานวิจัยฉบับนี้จะสามารถอภิปรายได้ 3 หัวข้อ คือ แบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา ความสัมพันธ์ระหว่างแอ่งอยุธยากับรอยเลื่อนแม่ปิง การเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างแอ่งอยุธยากับแอ่งใกล้เคียงบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางและอ่าวไทย

6.1 แบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา

สำหรับการจัดแบ่งลำดับวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยานั้น สามารถแบ่งได้เป็น 4 ลำดับวิวัฒนาการด้วยกัน โดยเรียงจากลำดับอายุการเกิดก่อน-หลัง คือ

- เหตุการณ์แอ่งขยายช่วงต้น
- เหตุการณ์แอ่งขยายช่วงปลาย
- เหตุการณ์โครงสร้างผกผัน
- เหตุการณ์แอ่งทรุด

โดยในลำดับแรก เหตุการณ์แอ่งขยายช่วงต้น หรือ Early extensional phase จะเป็นช่วงที่เกิดอยู่ในช่วงยุคโอลิโกซีนตอนปลายจนถึงไมโอซีนตอนต้น ซึ่งในการสะสมตัวของตะกอนภายในแอ่งนั้นจะเกิดการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift I ซึ่งจะเกิดการสะสมตัวในขณะที่แอ่งมีการยืดตัวหรือเปิดแอ่งอยู่ ซึ่งสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift I ในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นจะเกิดการสะสมตัวของตะกอนน้ำพารูปพัดจากทางฝั่งตะวันตกของตัวแอ่งอยุธยา โดยในช่วงเวลาการเกิดแอ่งและการสะสมตัวของตะกอนหน่วย Syn-rift I นั้น ซึ่งจากการทำสมดุลและการย้อนสภาพนั้นแสดงให้เห็นถึงหินฐานหรือหน่วย Pre-rift ของแอ่งอยุธยาฝั่งตะวันตกจะมีลักษณะที่เป็นภูเขาหินปูนที่มีความสูงจากระดับพื้นดิน 100-150 เมตร ในขณะที่หินฐานทางฝั่งตะวันออกของตัวแอ่งอยุธยานั้นมีระดับที่ต่ำกว่าทางฝั่งตะวันตก ดังนั้นทิศทางการไหลของตะกอนน้ำพารูปพัดคาดว่ามีการไหลมาจากทางฝั่งตะวันตกของตัวแอ่งอยุธยาและได้เกิดการสะสมตัวจนเป็นหน่วย Syn-rift I ที่มีลักษณะการสะสมตัวเอียงเข้าหารอยเลื่อนปกติหลัก และมีความหนาของตะกอนหนามากในทิศตะวันออก ซึ่งจากการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift I ที่เกิดขึ้นในขณะที่แอ่งได้พัฒนาไปในการยืดตัวนั้น จึงทำให้เกิดรอยเลื่อนปกติที่มีการเคลื่อนที่อยู่ร่วมด้วย ดังนั้นเราจะพบว่าจะเกิดรอยเลื่อนปกติมากมายภายในหน่วย Syn-rift I (รูปที่ 6.1a)

ในลำดับถัดมาจะเข้าสู่ช่วงการเกิด เหตุการณ์แอ่งขยายช่วงปลายซึ่งเกิดอยู่ในช่วงยุคไมโอซีนตอนต้นถึงตอนกลาง ซึ่งในช่วงเวลานี้ได้เกิดการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift II ซึ่งเป็นการตกสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบตะกอนน้ำพารูปพัดเช่นเดียวกับการสะสมตัวในหน่วย Syn-rift I ซึ่งในช่วงเหตุการณ์แอ่งขยายช่วงปลาย ตัวแอ่งอยุธยาได้พัฒนาอยู่ในระบบการยืดขยาย ดังนั้นจะพบว่าจะเกิดการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift II มีความหนาตะกอนที่หนาทางตะวันออกของแอ่งและคาดว่าทิศทางการไหลของตะกอนน้ำพารูปพัดนั้นจะมาจากทางด้านตะวันตกของตัวแอ่งเช่นกันแต่จากการพบว่าตัวแอ่งมีการพัฒนาแบบยี่ดออกที่มากขึ้นร่วมกับการสะสมตัวของตะกอนที่มากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้หินฐานหรือ Pre-rift มีการจมตัวที่ต่ำลงทั่วทั้งแอ่ง โดยในช่วงเวลานี้ได้มีการพัฒนาของรอยเลื่อนปกติหลักบริเวณทางตอนกลางและทางด้านตะวันออกของตัวแอ่ง อันเนื่องมาจากการเปิดออกของแอ่งที่มีอัตราการเปิดออกที่มากขึ้น จึงทำให้เกิดการหมุนของรอยเลื่อนปกติและเกิดระยะการเลื่อนตัวที่มากด้วยเหตุนี้เองเราจึงสามารถแบ่งแยกลักษณะของหน่วย Syn-rift II ออกจาก Syn-rift I ได้ เนื่องจากการพบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องระหว่างการสะสมตะกอนทั้ง 2 หน่วยนี้ (รูปที่ 6.1b)

ภายหลังจากได้มีการสะสมตัวในช่วงการเกิดเหตุการณ์แอ่งขยายช่วงปลาย แล้วซึ่งได้มีการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift I และ Syn-rift II โดยแอ่งอยุธยาได้มีการพัฒนาแอ่งในระบบการยี่ดออก ซึ่งหลังจากหยุดการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift II แอ่งอยุธยาได้เกิดสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวเป็นทะเลสาบและหลังจากนั้นตัวแอ่งอยุธยาได้เข้าสู่ช่วงการเกิดเหตุการณ์โครงสร้างผกผัน หรือ Inversion phase ซึ่งในช่วงเหตุการณ์โครงสร้างผกผันเกิดขึ้นในช่วงอายุไมโอซีนตอนกลาง ซึ่งได้เกิดการสะสมตัวของหน่วย Syn-inversion I Syn-inversion II และ Syn-inversion III ในสภาพแวดล้อมการสะสมตัวแบบทะเลสาบ ซึ่งเหตุการณ์สำคัญในช่วง Inversion phase คือ แอ่งอยุธยาได้มีการเปลี่ยนการพัฒนาตัวแอ่งจากระบบการยี่ดตัว เป็น ระบบการบีบอัด โดยจากการวิเคราะห์ค่าการยี่ดตัวจะพบว่ามีค่า 0.98 ซึ่งน้อยกว่า 1 แสดงถึงการพัฒนาของแอ่งในระบบการบีบอัด ซึ่งจากการเปลี่ยนแปลงระบบการพัฒนาแอ่งดังกล่าว ทำให้พบลักษณะของการเกิดโครงสร้างผกผัน เกิดขึ้นภายในแอ่งอยุธยา ซึ่งจากการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว มีผลทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างฮาร์พูน ซึ่งหลังจากทำการวิเคราะห์ทิศทางของแรงที่เข้ามากระทำพบว่าแรงบีบอัดเข้ามากระทำในทิศ ตะวันตกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ (NNW) ดังนั้นจึงพบว่าเกิดการเกิดโครงสร้างผกผันจะพบมากบริเวณทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของตัวแอ่งอยุธยา มากกว่าทางด้านทิศเหนือของแอ่ง โดยจากการบีบอัด เป็นผลทำให้เกิดการยกตัวของหน่วย Syn-inversion III สูงขึ้นมาเหนือระดับพื้นดิน จึงเกิดการกัดกร่อน (erosion) และมีการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของแอ่งจากการสะสมตัวแบบทะเลสาบมาเป็นการสะสมตัวแบบระบบทางน้ำในช่วง Inversion phase (รูปที่ 6.1c)

ในช่วงสุดท้ายของวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยานั้นคือช่วง เหตุการณ์แอ่งทรุด หรือ Subsidence phase โดยในช่วงเหตุการณ์แอ่งทรุดเกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงยุคโพลีโอซีนจนถึงปัจจุบัน ซึ่งในช่วงหลังจากการเกิดโครงสร้างผกผัน ทำให้ตัวแอ่งมีการยกตัวสูงขึ้นและเปลี่ยนสภาพแวดล้อมการสะสมตัวจากการสะสมตัวแบบทะเลสาบเป็นระบบทางน้ำ ซึ่งในช่วงเหตุการณ์แอ่งทรุดได้มีการสะสมตัวของหน่วย Post-rift I และ Post-rift II ซึ่งลักษณะการสะสมตัวของทั้ง 2 หน่วยจะมีการสะสมตัวที่ขนานกันขึ้นไปจนถึงพื้นผิว และจะพบว่ามี การจมตัวในแนวตั้งของตะกอนภายในแอ่งอยุธยาในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งจากการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด

2 มิติ และจากการสร้างแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินภายในแอ่งอูยูยานั้น พบว่าทางด้านตะวันตกของตัวแอ่งอูยูยา มีความหนาของการสะสมตัวหน่วย Post-rift I และ Post-rift II ที่หนากว่าทางด้านตะวันออกของแอ่งอูยูยา ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดการจมตัวในแนวตั้งในปัจจุบันบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่างได้มีการจมตัวในแนวตั้งของตะกอนที่มากกว่าทางด้านตะวันตก ดังนั้นจึงพบลักษณะความหนาของหน่วย Post-rift I และ Post-rift II หนาทางฝั่งตะวันตกมากกว่าทางฝั่งตะวันออกของแอ่งอูยูยา ในปัจจุบัน (รูปที่ 6.1d)

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแอ่งอูยูยากับรอยเลื่อนแม่ปิง

ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดแอ่งอูยูยากับรอยเลื่อนแม่ปิงนั้นจะสามารถอภิปรายได้ในเรื่องการเกิดแอ่งอูยูยาที่มีความเกี่ยวข้องกับรอยเลื่อนแม่ปิงหรือไม่? ซึ่งจากการศึกษาการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติภายในแอ่งอูยูยา พบว่า บริเวณทางด้านเหนือของแอ่งอูยูยาได้พบรอยเลื่อนปกติหลักมีแนวการวางตัวหมุนเอียงเข้ามาทางด้านตะวันตกของแอ่ง ในขณะที่บริเวณตอนกลางของแอ่งและตอนใต้ของแอ่งนั้นมีแนวการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบจากการศึกษาของ Smith *et al.* ในปี 2007 ได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแอ่งตะกอนบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางกับรอยเลื่อนแม่ปิง ซึ่งพบว่า แอ่งอูยูยานั้นมีการวางตัวอยู่บนเขตรอยเลื่อนแม่ปิง ซึ่งเป็นรอยเลื่อนตามแนวระดับแบบซ้ายเข้า (sinistral strike-slip fault) และจากการศึกษาข้อมูลคลื่นสะเทือนและข้อมูลความโน้มถ่วง (gravity survey) บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง พบว่า ลักษณะโครงสร้างทางตอนเหนือของแอ่งอูยูยามีรอยเลื่อนปกติหลักที่มีการหมุนเอียงจากแนวการวางตัวเดิมเหนือ-ใต้ ไปสู่แนวการวางตัวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (รูปที่ 6.3) ซึ่งเป็นทิศทางเดียวกับรอยเลื่อนแม่ปิง โดยลักษณะดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับลักษณะการเกิดแอ่งจากแรงดึง (pull-apart basin) ที่เกิดร่วมกับรอยเลื่อนแม่ปิง แต่จากการศึกษาข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนพบว่า

รอยเลื่อนปกติที่มีการหมุนเอียงไปทางแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้นั้น มีระยะการเลื่อน (displacement) ไม่สัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนตามแนวระดับของรอยเลื่อนแม่ปิงในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ อีกทั้งยังไม่พบการเชื่อมต่อกันของรอยเลื่อนปกติกับรอยเลื่อนตามแนวระดับ ด้วยเหตุนี้จึงสามารถตีความได้ว่า ลักษณะโครงสร้างของแอ่งอูยูยานั้นได้เกิดขึ้นตามลักษณะโครงสร้างเดิม (pre-existing fabrics) ที่ตัวแอ่งได้วางตัวอยู่ เมื่อมีการเกิดรอยเลื่อนเนื่องจากแรงยึดตัว ทำให้เกิดการเปิดแอ่งในแนวเหนือ-ใต้ ได้มีการแตกของรอยเลื่อนจากทางใต้ของแอ่งอูยูยาไปทางเหนือของแอ่งและเมื่อมีการแตกของรอยเลื่อนมาถึงบริเวณที่มีลักษณะโครงสร้างเก่าและบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณจุดอ่อนไหวต่อการแตกหัก (weak zone) รอยเลื่อนปกติหลักจึงมีการแตกลงมาตามแนวโครงสร้าง ดังนั้นเราจึงพบลักษณะโครงสร้างของแอ่งทางตอนเหนือมีการหมุนเอียงของรอยเลื่อนปกติหลักจากแนวการวางตัวเหนือ-ใต้ไปสู่แนวการวางตัวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (รูปที่ 6.3) โดยลักษณะการเกิดแอ่งอูยูยานั้นเป็นแอ่งแบบแอ่งแยกบนพื้นทวีป (continental rift basin) และจากการศึกษาพบลักษณะการเกิดโครงสร้างผกผันภายในแอ่งอูยูยา พบว่าการเกิดโครงสร้างผกผันเกิดขึ้นในส่วนใหญ่บริเวณทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแอ่งอูยูยา ซึ่งการเกิดโครงสร้างผกผันเกิดขึ้นเนื่องจากการเลื่อนตัวอีกครั้งหนึ่งของรอยเลื่อนแม่ปิง ซึ่งจากการเลื่อนตัวอีกครั้งของรอยเลื่อนแม่ปิงนั้นมีลักษณะการเลื่อนตัวตามแนวระดับแบบซ้ายเข้า (sinistral movement) จากเดิมที่มีการเลื่อนตัวแบบขวาเข้า (dextral movement) โดยช่วง

การเกิดโครงสร้างผกผันนั้นอยู่ในช่วงยุคไมโอซีนตอนกลาง (รูปที่ 6.5) ซึ่งการเกิดโครงสร้างผกผันภายในบริเวณแอ่งอยุธยาสามารถอธิบายได้ว่า การเกิดโครงสร้างผกผันได้เกิดจากการมีแรงเข้ามากระทำในทิศตะวันตกเฉียงเหนือค่อนข้างไปทางเหนือ และเกิดขึ้นในเฉพาะบางพื้นที่ของรอยเลื่อนแม่ปิง ซึ่งคาดว่าเกิดเฉพาะพื้นที่ทางใต้ของรอยเลื่อนแม่ปิงโดยจะพบความสูงของโครงสร้างผกผันประมาณ 130-150 เมตร

6.3 การเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของแอ่งอยุธยากับแอ่งบริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางและอ่าวไทย

จากลักษณะการเกิดและลักษณะโครงสร้างของแอ่งอยุธยาซึ่งวางตัวอยู่บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางสามารถเปรียบเทียบกับแอ่งแยกในพื้นที่ใกล้เคียง เช่น แอ่งสุพรรณบุรี (รูปที่ 6.4) และบริเวณอ่าวไทย ซึ่งมีแอ่งแยกที่สำคัญคือ แอ่งสงขลา และ แอ่งปัตตานี เป็นต้น

6.3.1 การเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของแอ่งอยุธยากับแอ่งสุพรรณบุรี

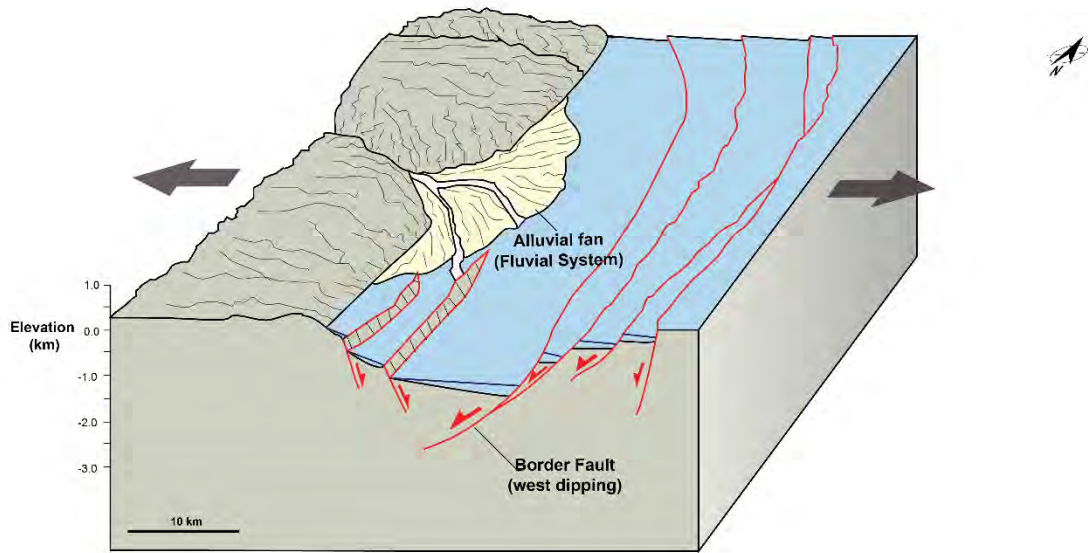
จากการศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของแอ่งสุพรรณบุรีพบว่า แอ่งสุพรรณบุรีวางตัวอยู่บริเวณทางด้านตะวันตกของพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง ซึ่งแนวการวางตัวของแอ่งสุพรรณบุรีมีการวางตัวขนานกับแอ่งอยุธยาและห่างกันประมาณ 70 กิโลเมตร โดยลักษณะโครงสร้างหลักของแอ่งสุพรรณบุรี พบรอยเลื่อนปกติหลักมีมุมเอียงเทไปทางด้านทิศตะวันออก (O'Leary & Hill 1989; Seusuthya & Morley, 2004) ซึ่งมีความตรงข้ามกับรอยเลื่อนหลักของแอ่งอยุธยา โดยความลึกของแอ่งสุพรรณบุรีและแอ่งอยุธยามีความลึกประมาณ 2 กิโลเมตร ถึง 3 กิโลเมตร ซึ่งมีความลึกใกล้เคียงกันทั้ง 2 แอ่ง ในส่วนของการพบโครงสร้างผกผันภายในแอ่งสุพรรณบุรีพบว่าแอ่งสุพรรณบุรีมีโครงสร้างผกผันไม่ชัดเจนและมีการยกตัวของโครงสร้างผกผันในระยะที่ต่ำกว่าแอ่งอยุธยา ซึ่งจากการเทียบความสัมพันธ์กับรอยเลื่อนแม่ปิงพบว่า ลักษณะโครงสร้างของแอ่งสุพรรณบุรีนั้นไม่พบระยะการเลื่อนตัวหรือการเชื่อมต่อกันของรอยเลื่อนปกติหลักภายในแอ่งสุพรรณบุรีกับรอยเลื่อนแม่ปิงเช่นเดียวกับแอ่งอยุธยา ในด้านการสำรวจปิโตรเลียมพบว่าแอ่งสุพรรณบุรีมีศักยภาพในการผลิตปิโตรเลียมในขณะที่แอ่งอยุธยาไม่มีศักยภาพทางด้านการผลิตปิโตรเลียม ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาข้อมูลหลุมเจาะบริเวณแอ่งสุพรรณบุรีได้มีการพบหินแกรนิตแทรกดันตัวขึ้นมาในส่วนของหินฐาน ดังนั้นจึงคาดว่าสามารถทำให้เกิดการเร่งการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบอินทรีย์บริเวณแอ่งสุพรรณบุรีไปเป็นปิโตรเลียมได้ดี ในขณะที่บริเวณหินฐานของแอ่งอยุธยามีความลึกและลักษณะโครงสร้างใกล้เคียงกับแอ่งสุพรรณบุรี แต่ไม่พบหินแกรนิตแทรกดันตัวขึ้นมาในส่วนของหินฐานของแอ่งอยุธยา จึงไม่สามารถทำให้เกิดการเร่งการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบอินทรีย์ในบริเวณแอ่งอยุธยาได้ ดังนั้นจึงไม่พบการเกิดและการสะสมตัวของปิโตรเลียมภายในแอ่งอยุธยา

6.3.2 การเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของแอ่งอยุธยากับแอ่งสงขลาบริเวณอ่าวไทย

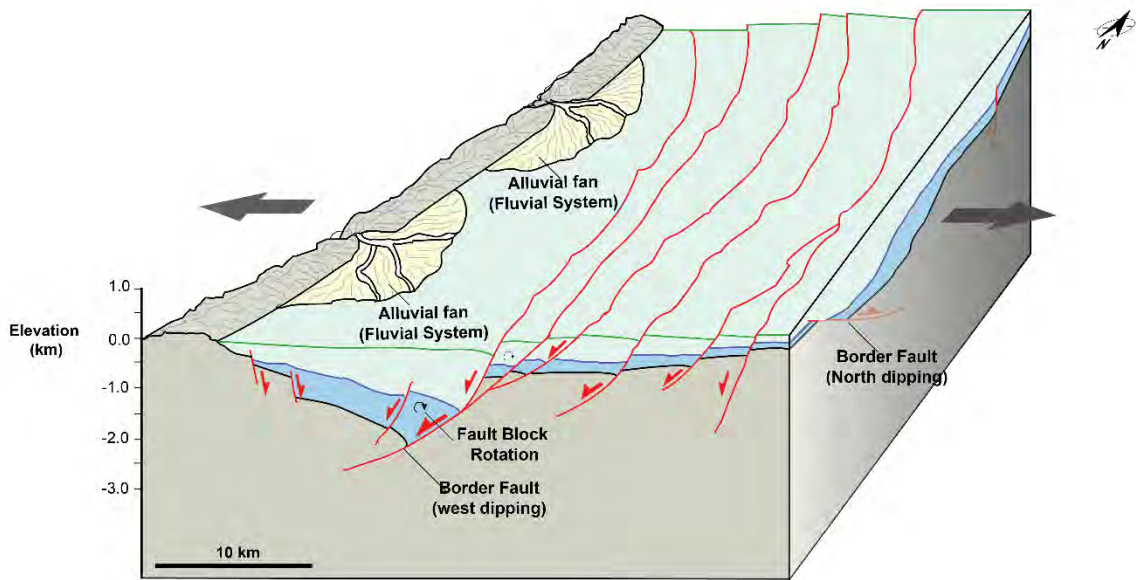
จากลักษณะโครงสร้างแอ่งสงขลาพบว่าแอ่งสงขลาเป็นแอ่งแบบกึ่งกราเบนไม่สมมาตร (asymmetric half-graben) ซึ่งพบรอยเลื่อนปกติหลักที่ควบคุมโครงสร้างของแอ่งวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ (NNW-SSE-trending faults) และพบวาร์รอยเลื่อนปกติหลักของแอ่งมีมุมเอียงเทส่วนใหญ่ไปทางทิศตะวันออก (รูปที่ 3.6) ซึ่งจากลักษณะโครงสร้างดังกล่าวมีความแตกต่างกับแอ่งอยุธยา ซึ่งเป็นแอ่งแยกที่เกิดบนพื้นทวีป ในส่วนของการพบโครงสร้างผกผันภายในบริเวณแอ่งสงขลาจะพบมากในบริเวณทางด้านตะวันตกของแอ่งสงขลาและจะเกิดร่วมกับรอยเลื่อนปกติหลักที่มีมุมเอียงเทในทิศตะวันออก ซึ่งเป็นผลมาจากการเคลื่อนตัวอีกครั้งหนึ่งของรอยเลื่อนระนอง-คลองมะรุ่ย ในช่วงยุคไมโอซีนตอนกลาง (Kaewkor, et al., 2015) ซึ่งจะพบว่าเกิดในช่วงเดียวกันกับการพบโครงสร้างผกผันของแอ่งอยุธยาโดยการเกิดโครงสร้างผกผันของแอ่งอยุธยาจะเกิดจากการเคลื่อนตัวอีกครั้งของรอยเลื่อนแม่ปิง

จากการศึกษาการทำการสมดุลและการย้อนสภาพเดิมของแอ่งสงขลาพบว่าตัวแอ่งสงขลามีค่าการยืดตัว (β) อยู่ที่ประมาณ 1.30 ซึ่งในขณะที่แอ่งอยุธยามีค่าการยืดตัวอยู่ที่ 1.25 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าการยืดตัวของแอ่งสงขลา ดังนั้นจึงสามารถอภิปรายได้ว่า แอ่งแยกบริเวณอ่าวไทยมีการพัฒนาของแอ่งในระบบการยืดออกที่มากกว่าแอ่งแยกในบริเวณพื้นทวีปที่เกิดในช่วงอายุเดียวกัน และจะมีการยืดออกที่ลดลงไปเรื่อยๆ เมื่อมีการเปิดของแอ่งขึ้นไปทางเหนือของประเทศไทย

a) Early extensional phase



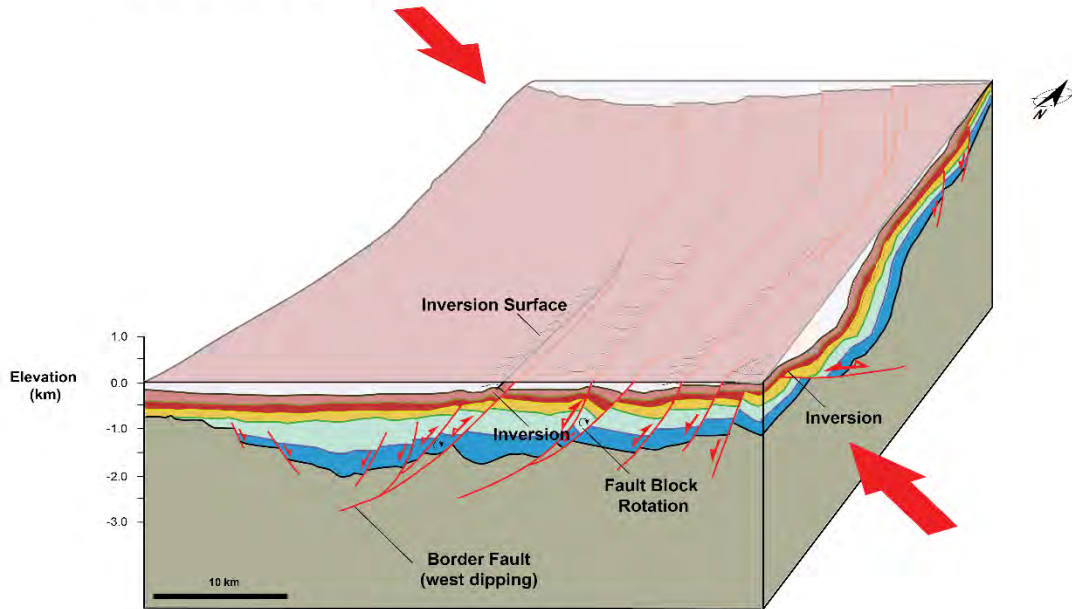
b) Late extensional phase



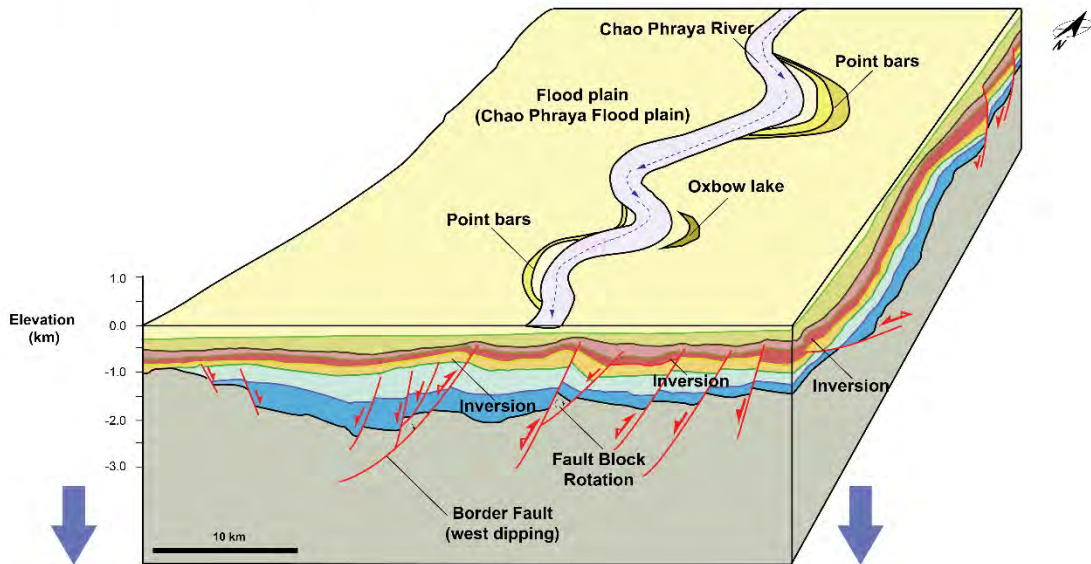
- Alluvial fan
- Syn-rift II
- Syn-rift I
- Pre-rift
- Tectono - Transport Direction (Double head = Inverted)
- Fault block rotation

รูปที่ 6.1 แบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา a) เหตุการณ์แอ่งขยายช่วงต้น หรือ Early extensional phase ซึ่งพบการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift I ขณะแอ่งเกิดการแยกในช่วงยุคโอลิโกซีนตอนปลายถึงยุคไมโอซีนตอนต้น b) เหตุการณ์แอ่งขยายช่วงปลาย หรือ Late extensional phase ซึ่งพบการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift II ขณะแอ่งเกิดการแยกในช่วงไมโอซีนตอนต้นถึงตอนกลาง

c) Inversion phase

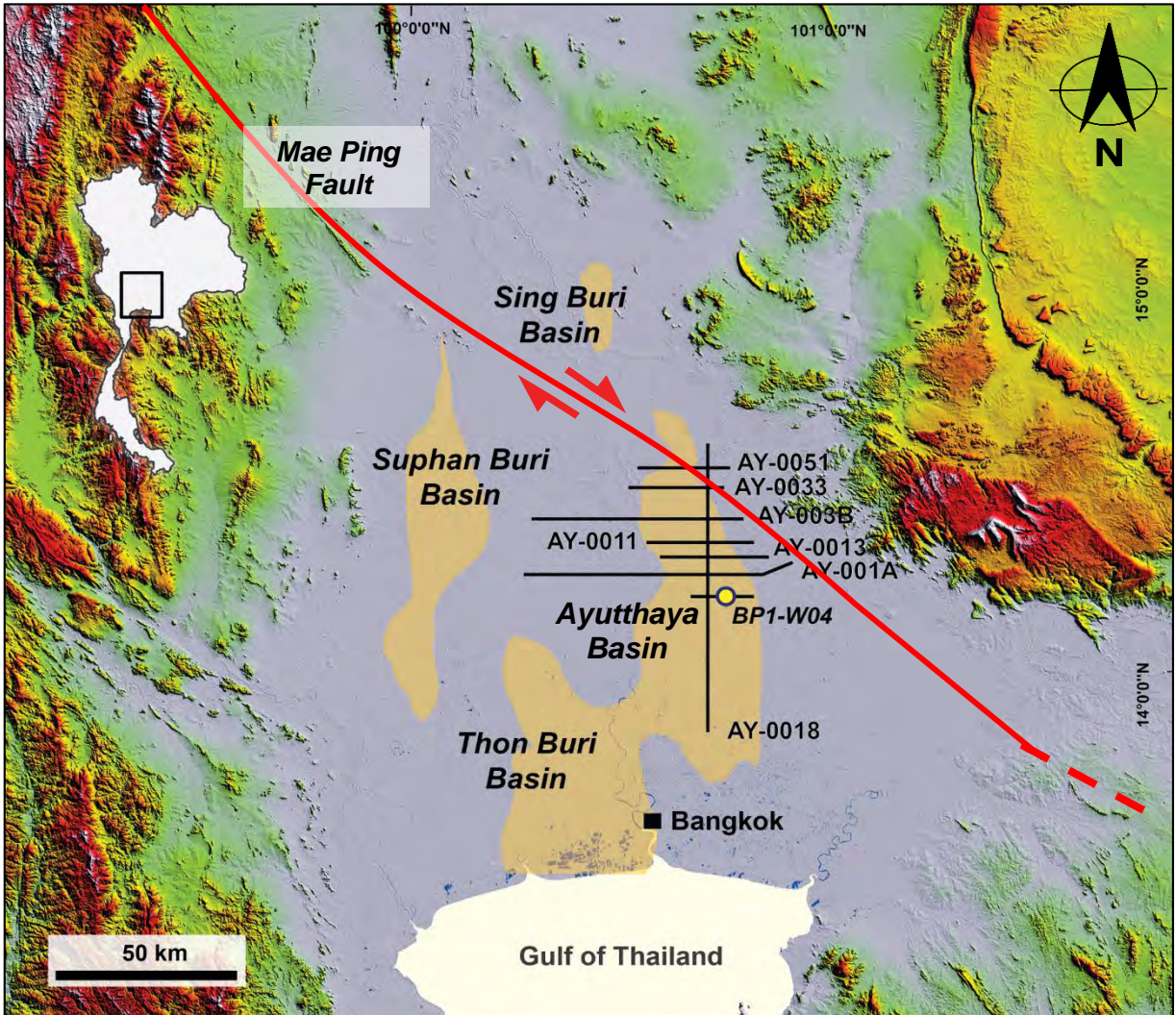


d) Subsidence phase

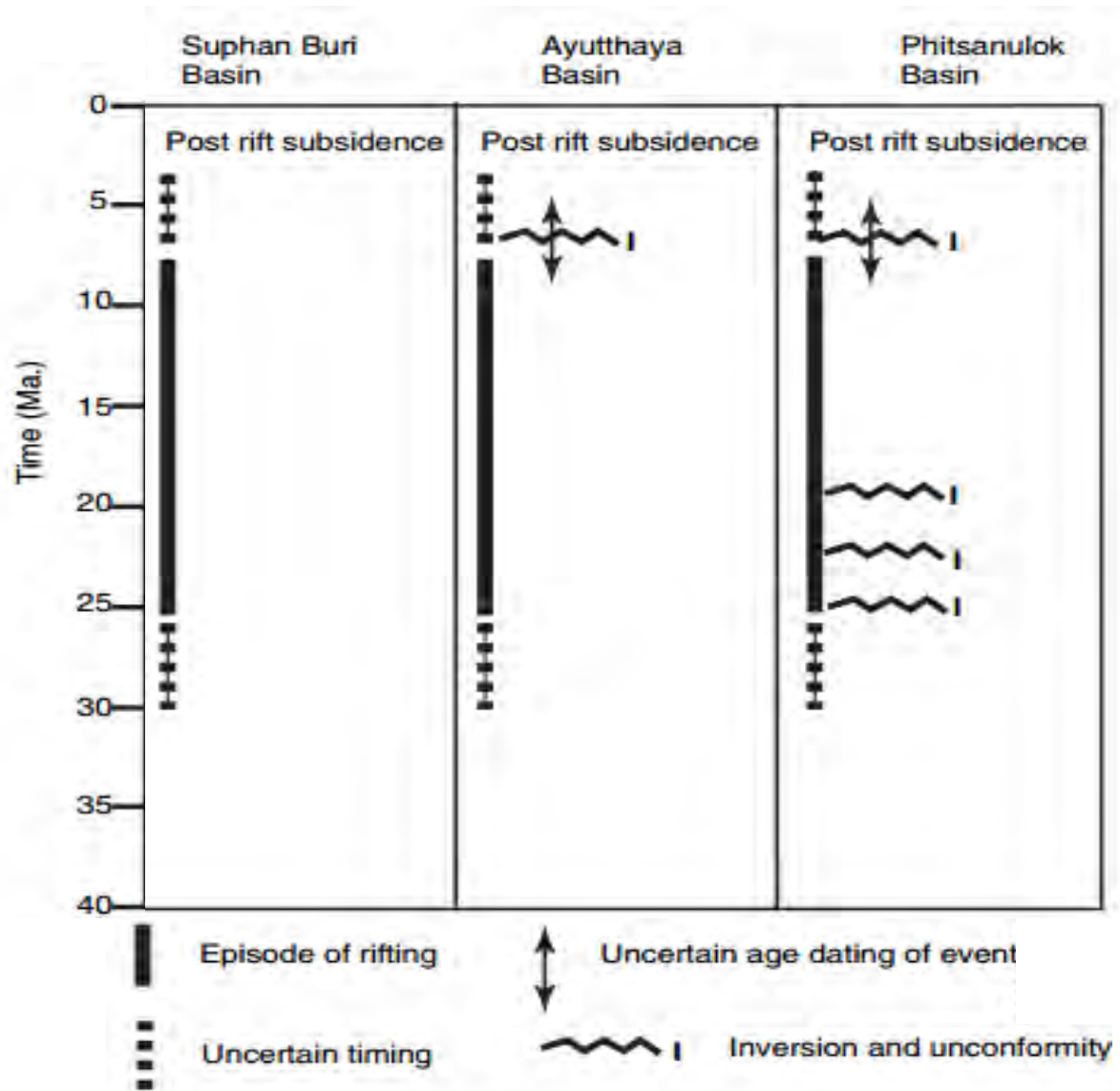


- | | |
|--|--|
| Water | Tectono - Transport Direction (Double head = Inverted) |
| Post-rift II | Fault block rotation |
| Post-rift I | |
| Syn-Inversion III | |
| Syn-Inversion II | |
| Syn-Inversion I | |
| Syn-rift II | |
| Syn-rift I | |
| Pre-rift | |

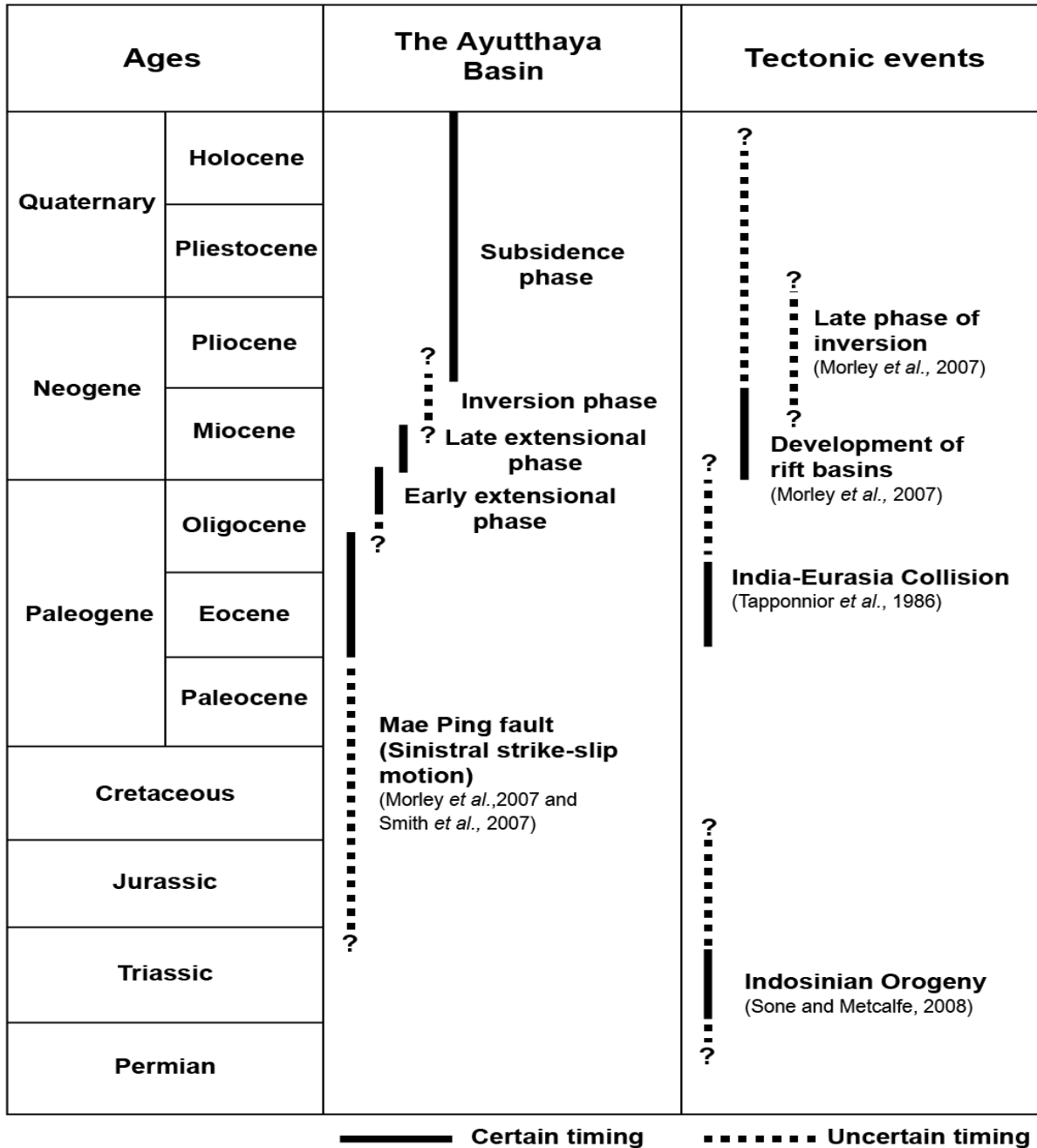
รูปที่ 6.2 c) แบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา ในช่วง Inversion phase ซึ่งพบการสะสมตัวของหน่วย Syn-inversion I, II และ III ในช่วงยุคไมโอซีนตอนกลาง โดยแอ่งถูกแรงบีบอัดในแนวตะวันตกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ d) แบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา ในช่วง Subsidence phase ซึ่งพบการจมตัวในแนวดิ่งของหน่วย Post-rift I และ Post-rift II ในช่วงยุคไพลโอซีนจนถึงปัจจุบัน (Pliocene - Recent)



รูปที่ 6.3 แผนภาพแสดงแนวการวางตัวของแอ่งตะกอนยุคเทอร์เชียรีในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างและรอยเลื่อนแม่ปิง (Mae Ping fault) ซึ่งมีแนวการวางตัวรอยเลื่อนผ่านบริเวณทางตอนเหนือของแอ่งอยุธยา ซึ่งแสดงลักษณะการหมุนเอียงของแอ่งอยุธยาทางตอนเหนือไปในทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกับรอยเลื่อนแม่ปิง



รูปที่ 6.4 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการการเกิดแอ่งสุพรรณบุรี แอ่งอยุธยา และแอ่งพิษณุโลก ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง (ดัดแปลงจาก Smith *et al.*, 2007)



รูปที่ 6.5 แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา กับเหตุการณ์ธรณีแปรสัณฐานซึ่งแสดงช่วงเวลาการเกิดการแปรสัณฐานในช่วงยุคเพอร์เมียนจนถึงปัจจุบัน โดยจากการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนแม่ปิง ในยุคโอลิโกซีนตอนปลายนั้นสามารถเทียบได้กับการเกิดธรณีแปรสัณฐานการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลก อินเดีย-ยูเรเชีย (Tapponnier *et al.*, 1986) หลังจากนั้นในช่วงเหตุการณ์การยืดขยายช่วงต้นของแอ่งอยุธยา จะอยู่ในช่วงการพัฒนาและการเกิดแอ่งแยก (Morley *et al.*, 2007) ตั้งแต่ช่วงอายุโอลิโกซีนตอนปลายถึงไมโอซีนตอนต้น และการเกิดเหตุการณ์โครงสร้างผกผันของแอ่งอยุธยานั้น สามารถเทียบเคียงได้กับเหตุการณ์ Late phase of inversion (Morley *et al.*, 2007) ซึ่งคาดว่าเกิดขึ้นตั้งช่วงยุคไมโอซีนตอนกลาง

บทที่ 7

สรุปผลการศึกษา

7.1 ลำดับชั้นหินและตะกอนภายในพื้นที่แอ่งอยุธยา

ลำดับชั้นหินและตะกอนสามารถแบ่งออกเป็น 4 หน่วยหลัก ตามอายุการเกิดจากอายุแก่ไปสู่อายุน้อย ดังนี้

- **หน่วย Pre-rift** : เป็นหน่วยที่วางตัวเป็นหินฐานของแอ่งอยุธยา
- **หน่วย Syn-rift** : วางตัวอยู่ด้านล่างหน่วย Syn-Inversion และประกอบไปด้วยหน่วยย่อย 2 หน่วยย่อย คือหน่วย Syn-rift II และ Syn-rift I ตามลำดับการสะสมตัวจากอายุน้อยไปสู่อายุแก่ตามลำดับ
- **หน่วย Syn-Inversion** : วางตัวอยู่ด้านล่างหน่วย Post-rift แบ่งออกเป็น 3 หน่วยย่อย คือ Syn-Inversion III, Syn-Inversion II และ Syn-Inversion I ตามลำดับการสะสมตัวจากอายุน้อยไปสู่อายุแก่ ซึ่งภายในหน่วย Syn-Inversion เป็นหน่วยที่พบโครงสร้างแบบฮาร์พูน เนื่องจากการเกิดโครงสร้างผกผัน
- **หน่วย Post-rift** : วางตัวอยู่ด้านบนสุดของลำดับชั้นหิน สามารถแบ่งออกเป็น 2 หน่วยย่อย คือหน่วย Post-rift II และ Post-rift I ซึ่ง โดยหน่วย Post-rift II วางตัวอยู่ด้านบนของหน่วย Post-rift I และมีอายุน้อยที่สุด

7.2 ลักษณะโครงสร้างภายในพื้นที่แอ่งอยุธยา

ลักษณะโครงสร้างภายในแอ่งอยุธยาสามารถแบ่งออกเป็น 2 โครงสร้างหลัก ดังนี้

- 7.2.1 **รอยเลื่อนปกติหลัก (major normal fault)** : วางตัวอยู่บริเวณทางตอนกลางและทางด้านตะวันออกของแอ่งอยุธยา โดยมีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตก โดยรอยเลื่อนปกติหลักจะเป็นรอยเลื่อนหลักที่ควบคุมโครงสร้างของแอ่งอยุธยา
- 7.2.2 **โครงสร้างแบบฮาร์พูน (harpoon structure)** : พบโดยส่วนมากทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแอ่งอยุธยา และมักพบอยู่ร่วมกับรอยเลื่อนปกติหลักที่มีการเกิดโครงสร้างผกผันจากการถูกแรงบีบอัดในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้

7.3 วิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา

จากการศึกษาจากการแปลข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน 2 มิติและจากการทำการสมมูลและการย้อนสภาพสามารถสร้างแบบจำลองวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยาได้ 4 ช่วงวิวัฒนาการ จากลำดับอายุแก่ไปสู่อายุน้อย ดังนี้

- **เหตุการณ์การยืดขยายช่วงต้น :** เกิดขึ้นในช่วงยุคโอลิโกซีนตอนปลายถึงไมโอซีนตอนต้น โดยเกิดการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift I ภายใต้การพัฒนาของแอ่งในระบบการยืดตัว
- **เหตุการณ์การยืดขยายช่วงปลาย :** เกิดขึ้นในช่วงยุคไมโอซีนตอนต้นถึงตอนกลาง โดยเกิดการสะสมตัวของหน่วย Syn-rift II ซึ่งสะสมตัวอยู่ด้านบนของหน่วย Syn-rift I ภายใต้การพัฒนาของแอ่งในระบบการยืดตัว
- **เหตุการณ์การโครงสร้างผกผัน :** เกิดขึ้นในช่วงยุคไมโอซีนตอนกลาง โดยได้มีการเกิดการสะสมตัวของหน่วย Syn-inversion III, Syn-inversion II และ Syn-inversion I ตามลำดับอายุจากอ่อนไปสู่แก่ โดยในช่วงเวลานี้ แอ่งได้มีการเปลี่ยนแปลงการพัฒนาของแอ่งจากระบบการยืดตัว เข้าสู่ระบบการถูกบีบอัด
- **เหตุการณ์แอ่งทรุด :** เกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงอายุไพลโอซีนจนถึงปัจจุบัน โดยมีการสะสมตัวของหน่วย Post-rift ซึ่งจะพบว่ามีความหนาของหน่วย Post-rift ภายในช่วงการสะสมตัวช่วงนี้มีความหนาทางด้านตะวันตกของแอ่งที่หนากว่าทางฝั่งตะวันออกของแอ่งอยุธยา แสดงถึงการจมตัวในแนวตั้งอย่างรวดเร็ว บริเวณทางฝั่งตะวันตกมากกว่าทางด้านตะวันออกของแอ่งอยุธยา จากช่วงยุคไพลโอซีนจนถึงปัจจุบัน

สำหรับการเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างและวิวัฒนาการโครงสร้างของแอ่งอยุธยา กับแอ่งบริเวณที่ราบภาคกลางและอ่าวไทยพบว่า มีลักษณะการเกิดโครงสร้างของแอ่งที่มีความคล้ายกัน เช่น การเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างกับแอ่งสุพรรณบุรี ซึ่งวางตัวอยู่ทางด้านตะวันตกของแอ่งอยุธยา และห่างจากแอ่งอยุธยา 100 กิโลเมตร พบลักษณะรอยเลื่อนปกติหลักที่ควบคุมโครงสร้างแอ่งสุพรรณบุรีแต่มีทิศทางการเอียงเทไปทางทิศตะวันออกซึ่งตรงกันข้ามกับแอ่งอยุธยา และจากการเปรียบเทียบค่าการยืดตัว (β) ของแอ่งอยุธยาเทียบกับแอ่งสงขลาและแอ่งปัตตานี พบว่าแอ่งอยุธยามีค่าการยืดตัวอยู่ที่ 1.25 ในขณะที่แอ่งปัตตานีและแอ่งสงขลามีค่าการยืดตัวประมาณ 1.30 - 1.35 แสดงถึงแอ่งต่างๆ ในอ่าวไทย มีการยืดตัวที่มากกว่าทางบริเวณที่ราบภาคกลางและค่าการยืดตัวจะค่อยๆ ลดลงเมื่อมีการเปิดแอ่งขึ้นมาทางเหนือของประเทศไทย

7.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

- ในด้านข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ของงานวิจัยฉบับนี้เป็นข้อมูลที่ได้มีการเก็บข้อมูลที่เก่า ดังนั้น หากมีข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติหรือ 3 มิติ ที่ใหม่ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการแปลความหมายข้อมูลให้มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น
- ข้อจำกัดทางด้านซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการศึกษางานวิจัย อาจจะต้องศึกษาเพิ่มเติมและฝึกประสบการณ์การใช้งานซอฟต์แวร์ต่างๆ ให้มีความชำนาญมากขึ้น

7.5 การประยุกต์การใช้งานจากงานวิจัย

- สามารถทราบถึงข้อมูลธรณีวิทยาใต้ผิวดินระดับลึกในบริเวณพื้นที่แอ่งอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
- สามารถนำมาประยุกต์ในการสำรวจน้ำบาดาลจากทางราชการได้ โดยดูจากข้อมูลหลุมเจาะ รวมถึงลำดับชั้นหินหรือตะกอนบริเวณแอ่งอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
- สามารถนำมาประยุกต์ในส่วนของการศึกษาธรณีวิศวกรรมได้ โดยการประยุกต์จากการศึกษารอยเลื่อนเก่าภายในแอ่ง หรือชั้นความหนาของชั้นหินหรือตะกอนภายในแอ่งอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อประเมินความเสี่ยงในด้านการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างได้
- สามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำการวิจัยต่อยอดในระดับที่สูงกว่าระดับปริญญาตรี ในด้านธรณีวิทยา โครงสร้าง ธรณีวิทยาแปรสัณฐาน และธรณีฟิสิกส์ในบริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางได้

เอกสารอ้างอิง

- Chanida Kaewkor, Ian M. Watkinson, and Peter Burgess., 2015, “Structural Style and Evolution of the Songkhla Basin, western Gulf of Thailand.” GEOINDO 2015, November 23-24, 2015.
- Haruyama, Shigeko, DL., 1993, “Geomorphology of the Central Plain of Thailand and its Relationship with Recent Flood Conditions.” *GeoJournal* 31.4,p. 327-334.
- Metcalfe, I., 2013, “Gondwana Dispersion and Asian Accretion: Tectonic and Palaeogeographic Evolution of Eastern Tethys.” *Journal of Asian Earth Sciences* 66, p. 1-33.
- Morley, C.K., 2007, “Variations in Late Cenozoic–Recent Strike-slip and Oblique-extensional Geometries, within Indochina: The Influence of Pre-existing Fabrics.” *Journal of Structural Geology* 29.1, p. 36-58.
- Morley, C.K., M. Smith, A. Carter, P. Charusiri, and S. Chantraprasert., 2007, “Evolution of Deformation Styles at a Major Restraining Bend, Constraints from Cooling Histories, Mae Ping Fault Zone, Western Thailand.” *Geological Society, London*, p. 325-349.
- Morley, C. K., Punya Charusiri & Ian M. Watkinson., 2011, “Structural geology of Thailand during the Cenozoic”, Ridd, Michael F., A. J. Barber, and M. J. Crow. *The Geology of Thailand*. London: Geological Society, p. 274-334.
- Nootrapao, N., 1998, “Subsurface Geology of some Upper Cenozoic Deposits in Singburi Basin, Central Thailand.” Chulalongkorn University, Bangkok 91p.
- O’leary, J., 1987, “Geological Completion Report BP1-W4, BP Petroleum Development Limited Thailand Branch, Bangkok, 10p.
- Polachan, Songpope, Surawit Pradidtan, Chalermkiat Tongtaow, Somkiat Janmaha, Kanok Intarawijitr, and Chutamat Sangsuwan., 1991, “Development of Cenozoic Basins in Thailand.” *Marine and Petroleum Geology*8.1, p. 84-97.
- Sattayarak, N., and Polachan, S., 1990, Rock salts underneath the Khorat Plateau, in *Proceedings of the Department of Mineral Resources Annual Meeting, Bangkok, Thailand: 1990 (in Thai)*
- Smith, M., S. Chantraprasert, C. K. Morley, and I. Cartwright., 2007, “Structural Geometry and Timing of Deformation in the Chainat Duplex, Thailand.” *Geological Society, London*, p. 305-323.
- Tapponnier, P., G. Peltzer, and R. Armijo., 1986, “On the Mechanics of the Collision between India and Asia.” *Geological Society, London, Special Publications* 19.1, p. 113-57.

- Tingay, M., Morley, C., King, R., Hillis, R., Coblenz, D. and Hall, R. (2010). Present-day stress field of Southeast Asia. *Tectonophysics*, 482(1-4), pp.92-104.
- Uttamo, W., C. Elders, and G. Nichols., 2003, "Relationships between Cenozoic Strike-slip Faulting and Basin Opening in Northern Thailand." Geological Society, London, Special Publications 210.1, p. 89-108.
- Williams, G. D., C. M. Powell, and M. A. Cooper., 1989, "Geometry and Kinematics of Inversion Tectonics." Geological Society, London, Special Publications 44.1, 3-15.
- Zhi Li1, Lunkun Wan, Jiguo Liu, Xiaohua Pan, Liangqing Xue, and Yongdi Su., 2014, "Geodynamic Characteristics and Their Effect on the Petroleum Geology Conditions for Passive Rift Basin in Central-Western African Region" AAPG International Conference & Exhibition, Istanbul, Turkey, September 14-17, 2014.
- กรมทรัพยากรธรณีฯ. ธรณีวิทยาประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง.กรุงเทพมหานคร : กรมทรัพยากรธรณี , 2550.
- ดร. เพียงตา สาตรักษ์. อภิธานศัพท์ธรณีวิทยาโครงสร้าง.จังหวัดขอนแก่น : ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2547.
- สุวรรณา เรืองกุล, อภิชาติ ศุภเวชรักษากุล. ธรณีวิทยาใต้พื้นผิวของตะกอนบางส่วนของมหาสมุทรอินโดจีนตอนบน ในแอ่งอยุธยา ภาคกลางของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

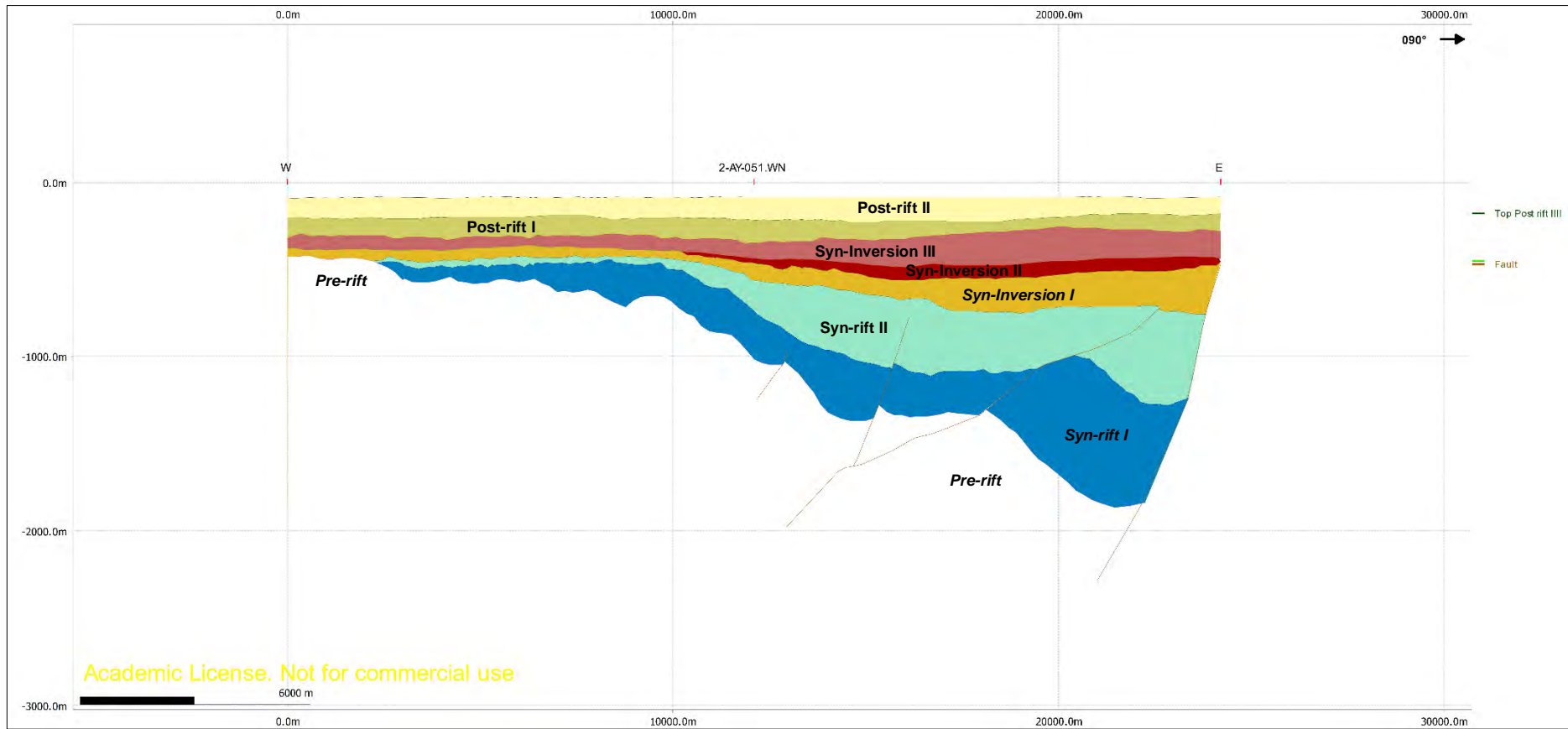
การสมดุลและการกลับสภาพเดิมแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน
ชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-051

	1: Name	2: Colour	3: Average Vertical Thickness	4: Area	5: Length
Minimum			61.6	875390	13977.1
Mean			134.2	3003820	21860.9
Maximum			245.1	5782360	24237.9
Unit			m	m ²	m
1	Surface		119.4	2914127	24220.4
2	Top Post rift III		98.0	2390899	24223.2
3	Top post rift III		117.6	2869620	24220.6
4	Top Post Rift II		61.6	875390	13977.1
5	Top Post rift I		106.6	2638055	24237.9
6	Top Syn II		190.8	4816963	21766.5
7	Top Syn I		245.1	5782360	20147.0
8	Top Pre-rift			1743144	22094.9
9	.				
10	Total			24030557	174887.5

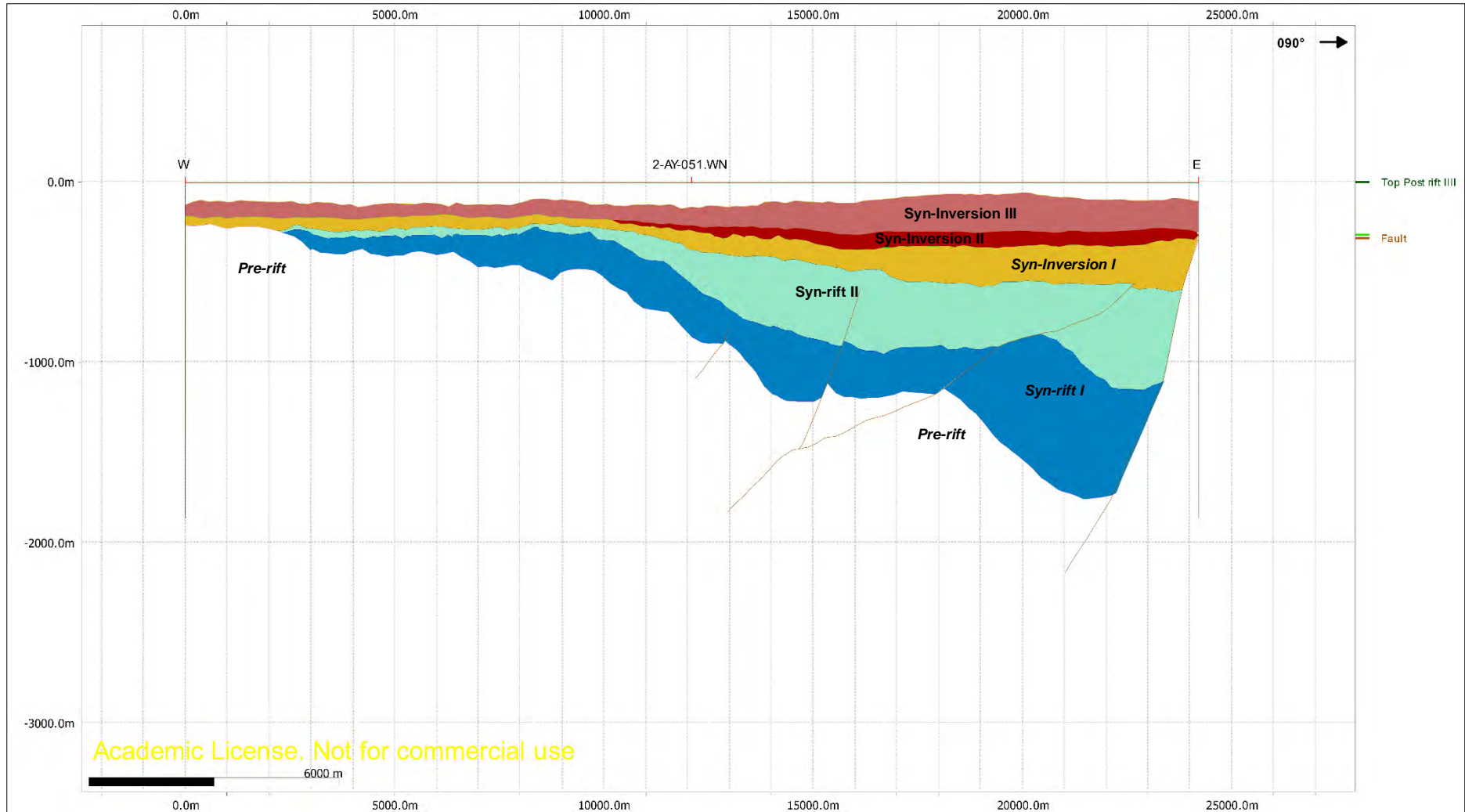
รูปภาคผนวกที่ 1 ตารางแสดงค่าการวิเคราะห์ก่อนการทำสมดุลและการกลับสภาพเดิม แนวสำรวจ AY-051

	1: Name	2: Colour	3: Average Vertical Thickness	4: Area	5: Length
Minimum					20066.5
Mean					24366.5
Maximum					34630.8
Unit			m	m ²	m
1	Surface				24219.1
2	Top Post rift III				24219.1
3	Top post rift III				24229.5
4	Top Post Rift II				34630.8
5	Top Post rift I				24241.9
6	Top Syn II			212304	21756.8
7	Top Syn I		245.1	7203227	20066.5
8	Top Pre-rift		61.5	3985373	21568.0
9	.				
10	Total			11400903	194931.7

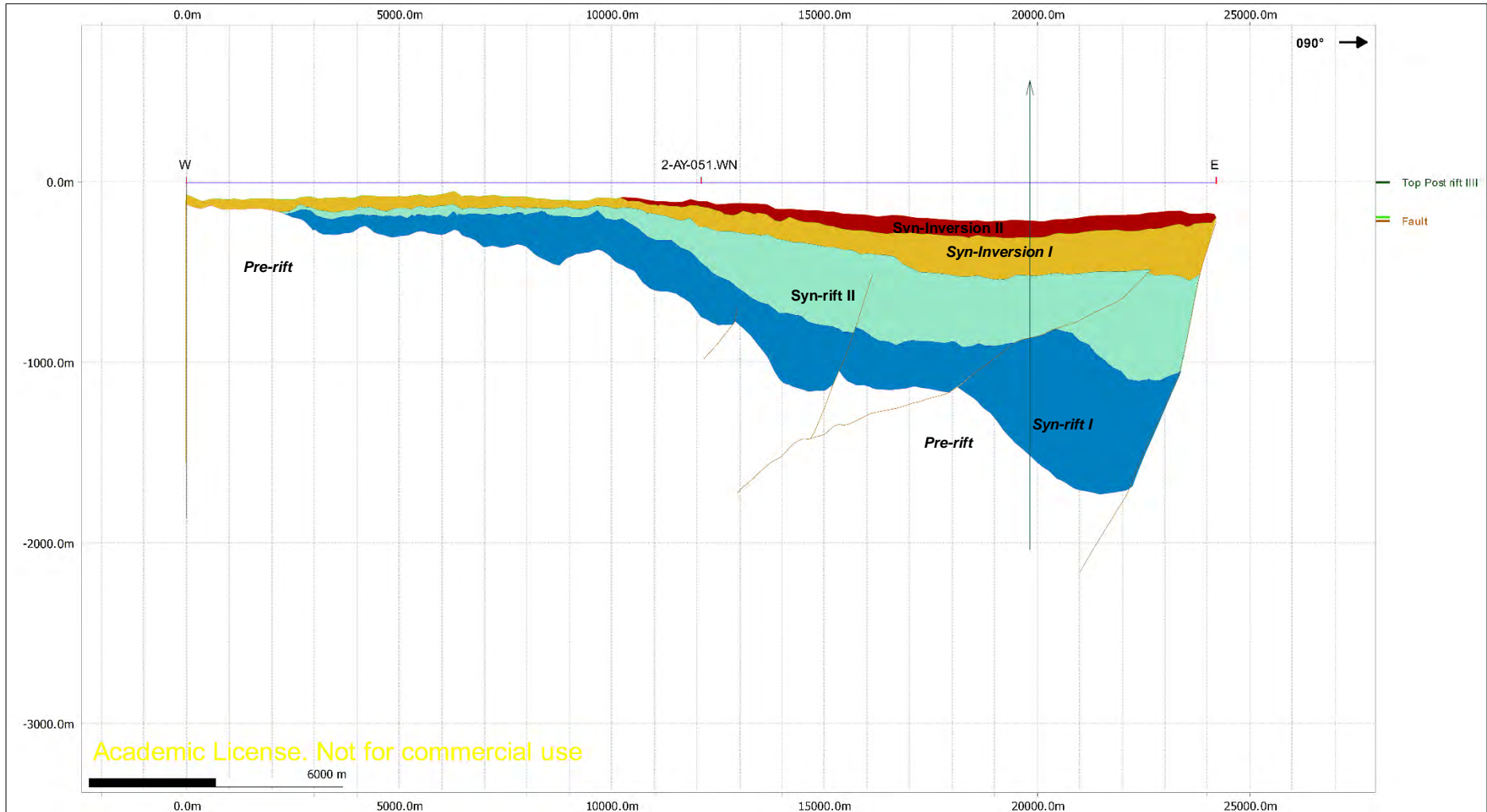
รูปภาคผนวกที่ 2 ตารางแสดงค่าการวิเคราะห์หลังการทำสมดุลและการกลับสภาพเดิม แนวสำรวจ AY-051



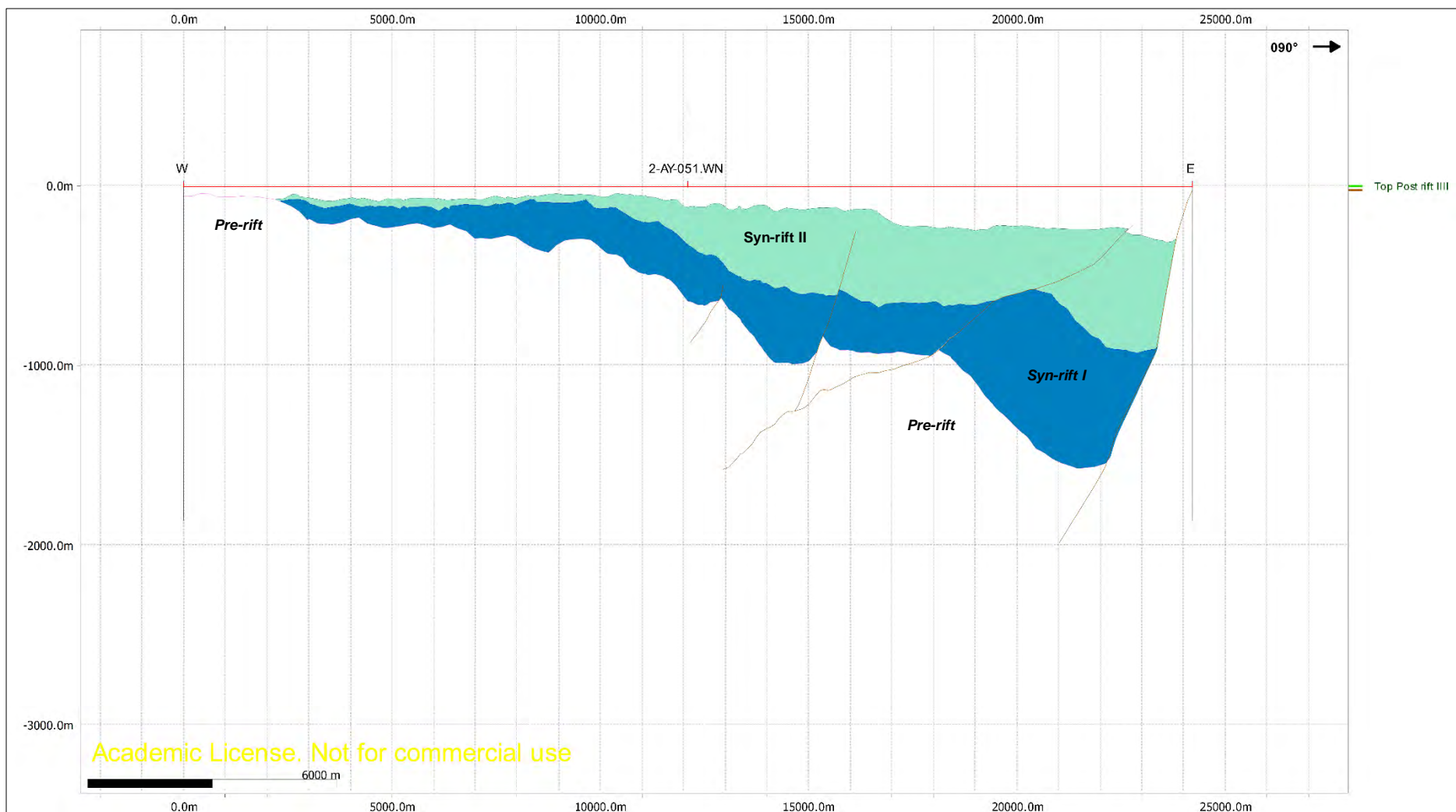
รูปภาคผนวกที่ 3 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-051 ก่อนทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิม



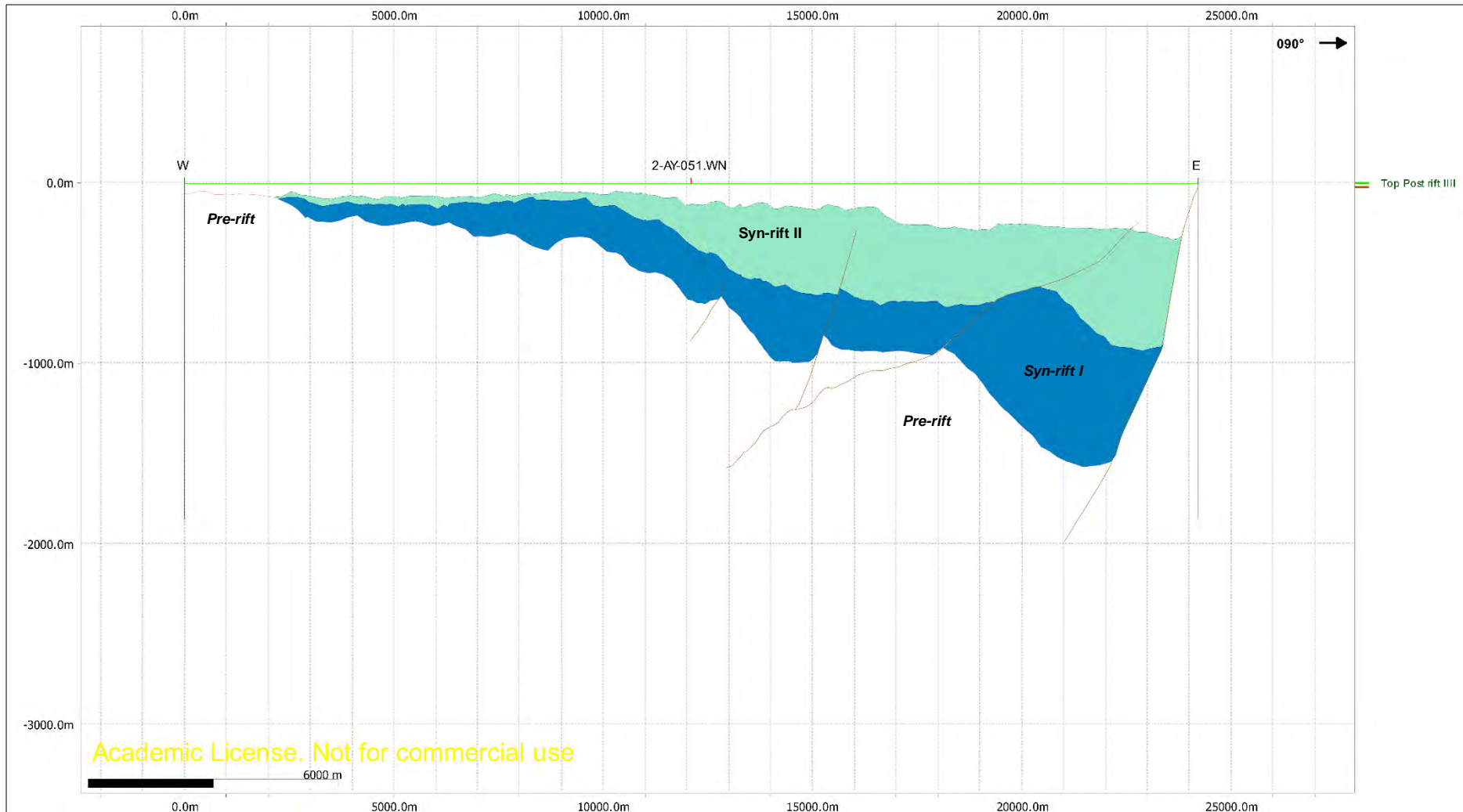
รูปภาคผนวกที่ 4 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-051 หลังทำการสมดุลงและทำการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Post-rift I และ Post-rift II ออก (decompaction)



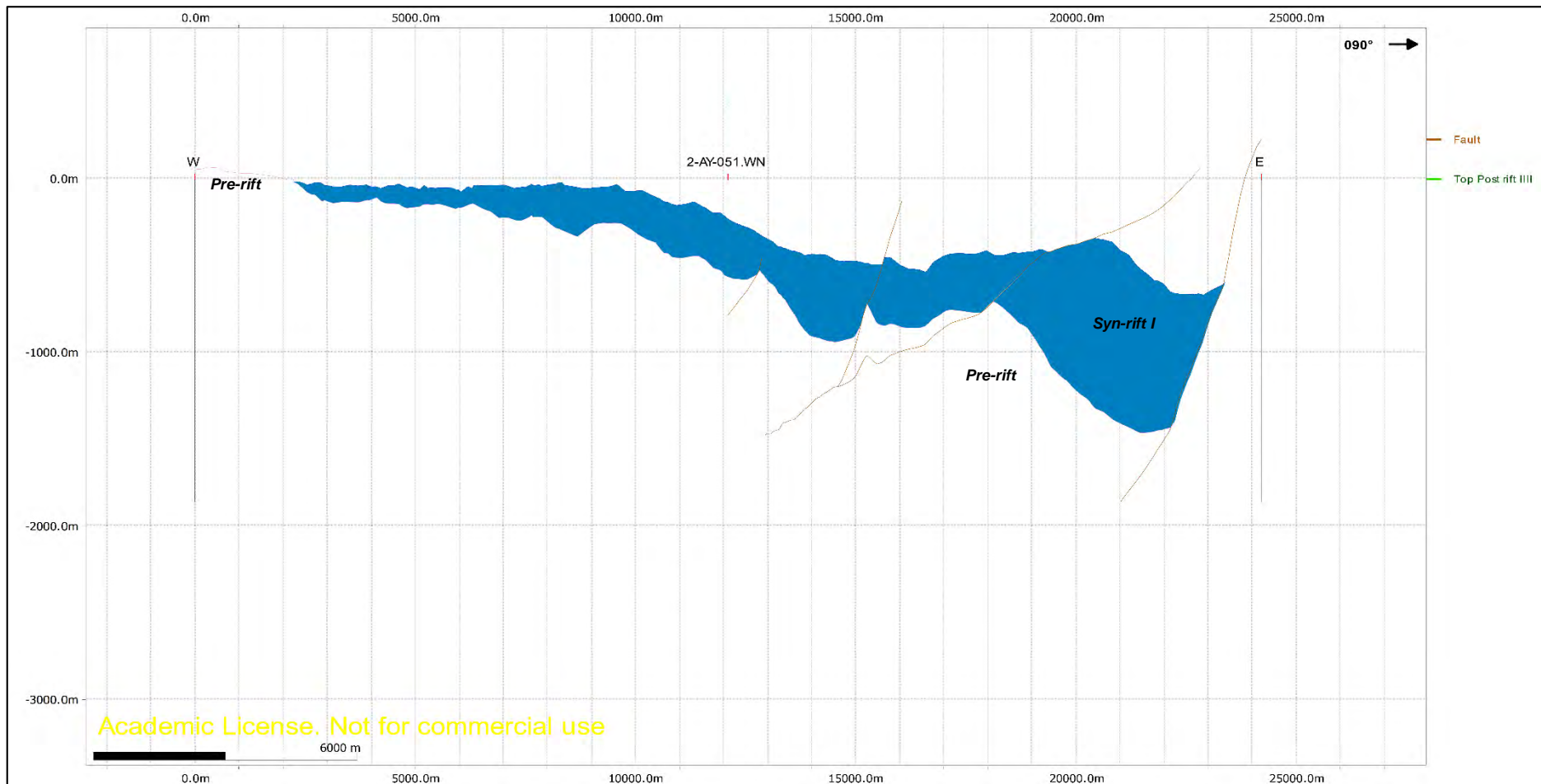
รูปภาคผนวกที่ 5 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-051 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-Inversion III ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-Inversion III (unfolding method)



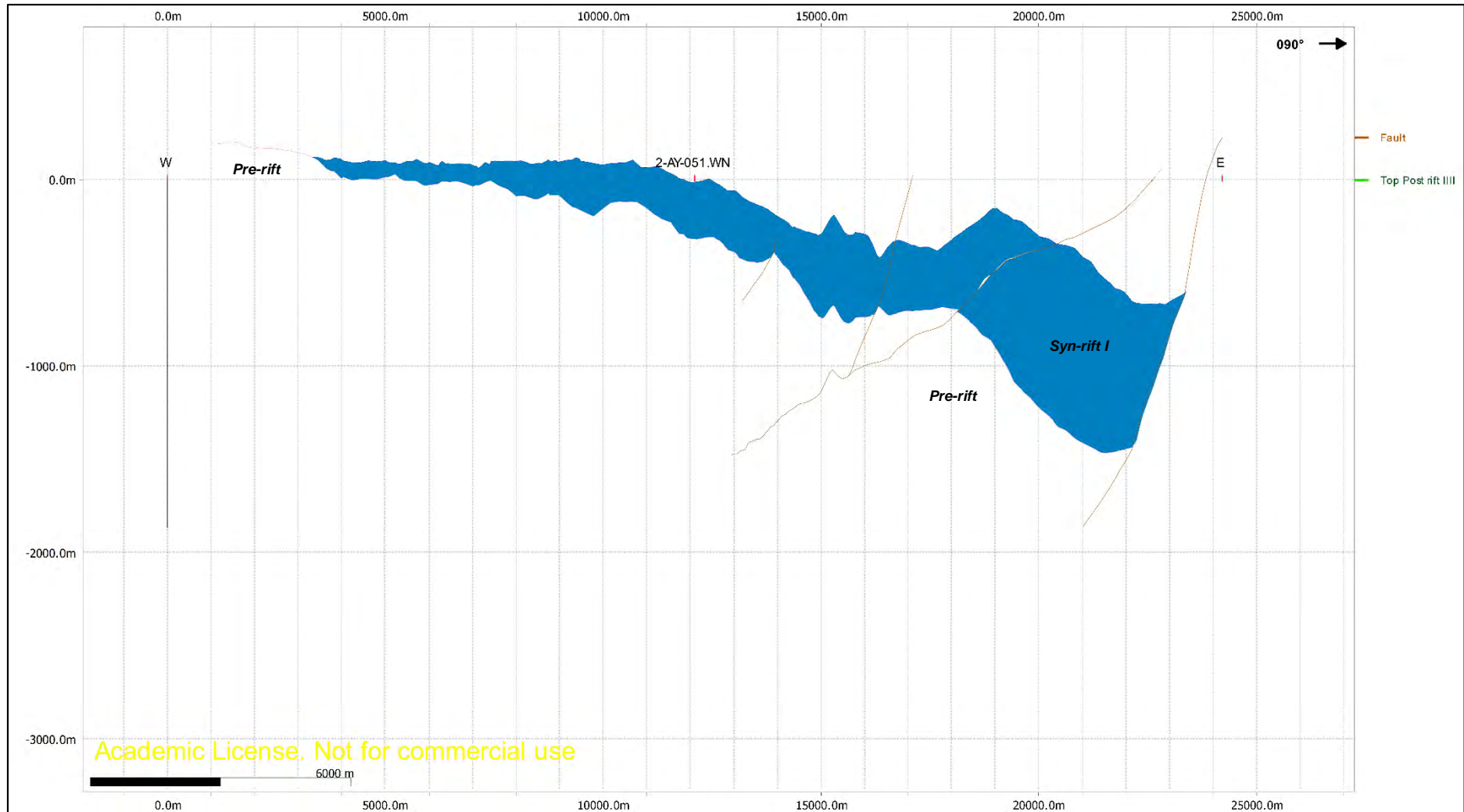
รูปภาคผนวกที่ 6 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-051 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-Inversion II และ I ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-Inversion II และ Syn-Inversion I



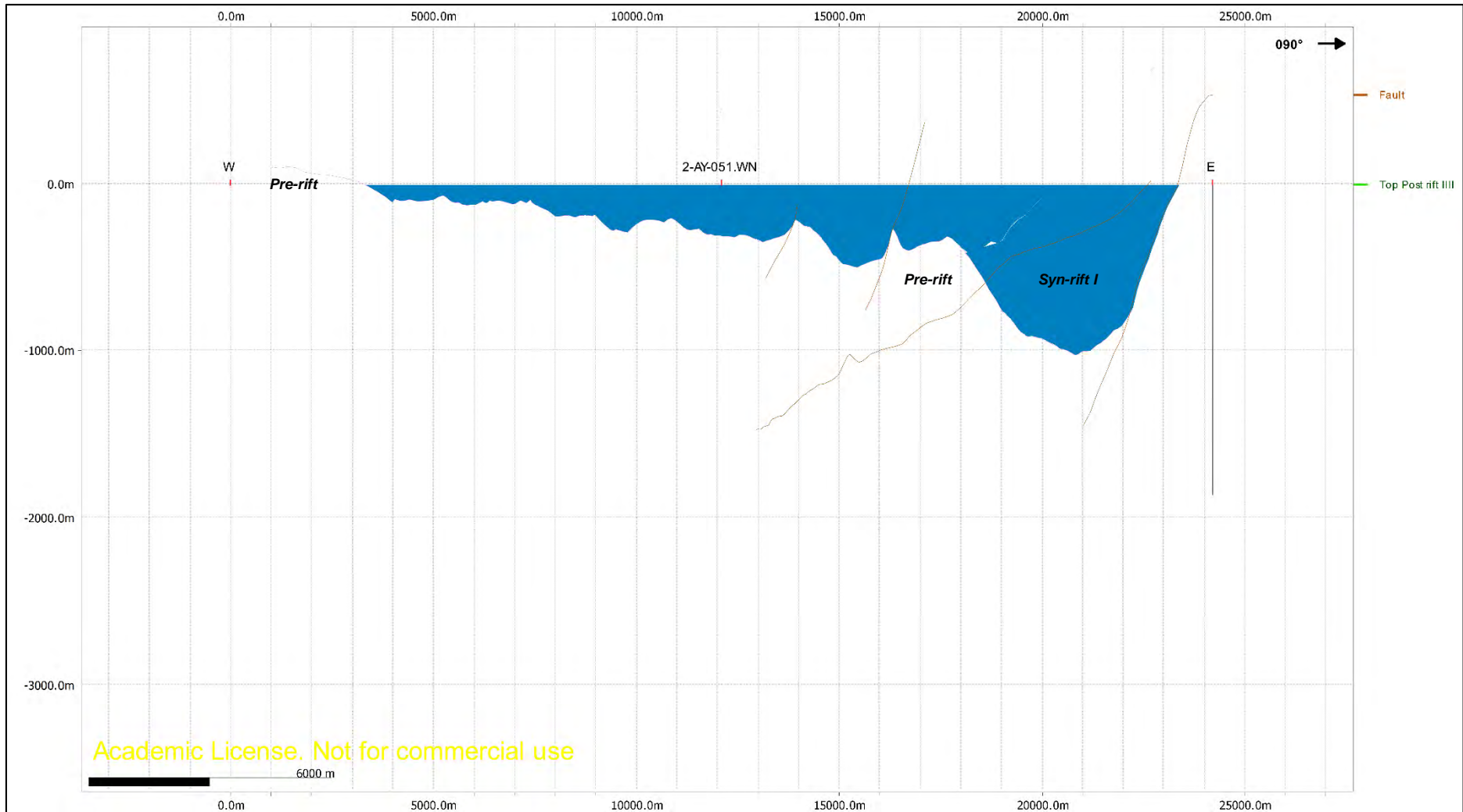
รูปภาคผนวกที่ 7 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-051 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนการเลื่อนตัวของรอยเลื่อน (move on fault) หน่วย Syn-rift II



รูปภาคผนวกที่ 8 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-051 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-rift II ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-rift II



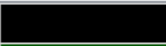







รูปภาคผนวกที่ 9 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-051 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนหน่วย Syn-rift I



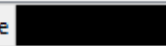




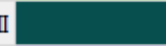


รูปภาคผนวกที่ 10 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-051 หลังทำการสมดุลงและ การกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-rift I

การสมดุลงและกำรกำลัภสภาพเดิมนแบบจำลองโครงสร้ำงและลำดับชั้นหินจำกข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวกำรสำรวจ AY-003-2

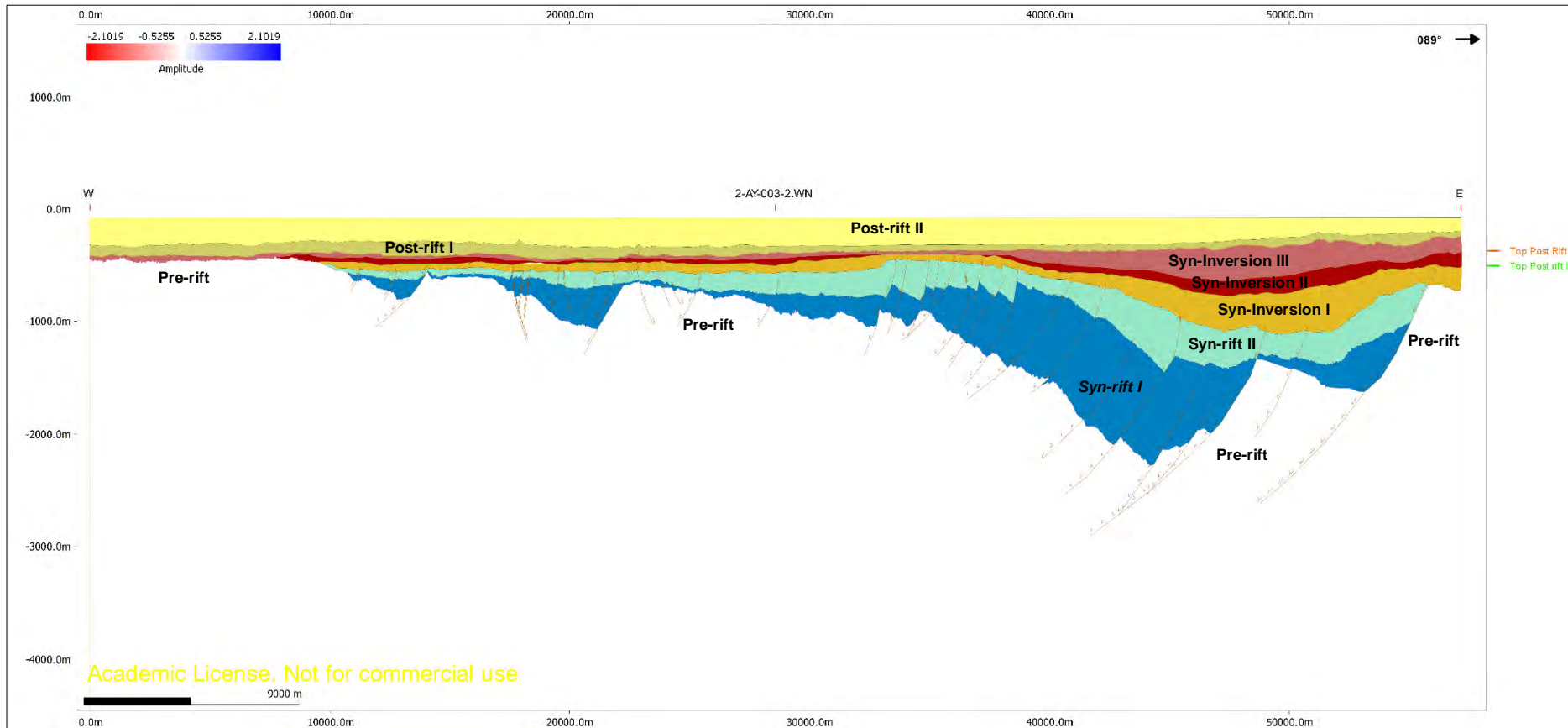
Table View

	1: Name	2: Colour	3: Average Vertical Thickness	4: Area	5: Length
Minimum			4.9	2873599	43535.3
Mean			114.6	7667127	50776.4
Maximum			222.0	12743041	57286.9
Unit			m	m ²	m
1	Surface		222.0	12743041	57197.6
2	Top Post rift III		80.2	4604732	57267.3
3	Top post rift III		84.0	4821652	57286.9
4	Top Post Rift II		62.8	2873599	45541.3
5	Top Post rift I		134.1	6412941	48032.8
6	Top Syn II		195.8	9179546	47619.3
7	Top Syn I		133.3	11234607	43535.3
8	Top Pre-rift		4.9	9466901	49730.9
9	.				
10	Total			61337019	406211.4

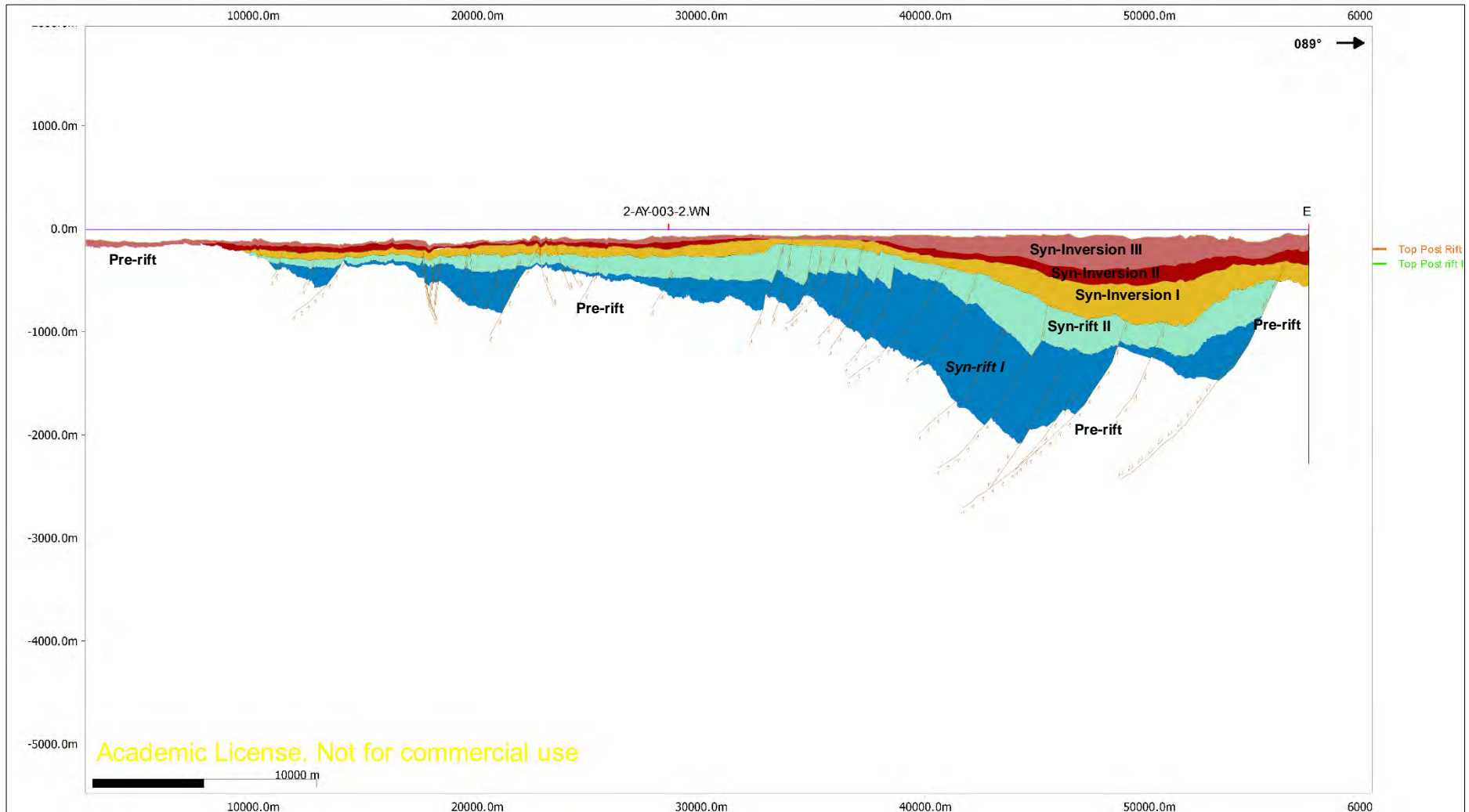
รูปกำคณวกที่ 11 ตำรำงแสดงค้ำกำรวិเครำะห์ก่อนกำรทำสมดุลและกำรกำลัภสภาพเดิมนแนวสำรวจ AY-003-2

	1: Name	2: Colour	3: Average Vertical Thickness	4: Area	5: Length
Minimum			0.4	9589	44768.2
Mean			52.7	4768604	51254.1
Maximum			156.2	13586859	57372.7
Unit			m	m ²	m
1	Surface				57197.6
2	Top Post rift III				57197.6
3	Top post rift III		0.4	9589	57372.7
4	Top Post Rift II		1.5	709363	45815.8
5	Top Post rift I		156.2	13586859	48504.8
6	Top Syn II		0.0	1	47971.0
7	Top Syn I		4.8	206244	44768.2
8	Top Pre-rift		116.6	11671421	51204.8
9	.				
10	Total			26183477	410032.6

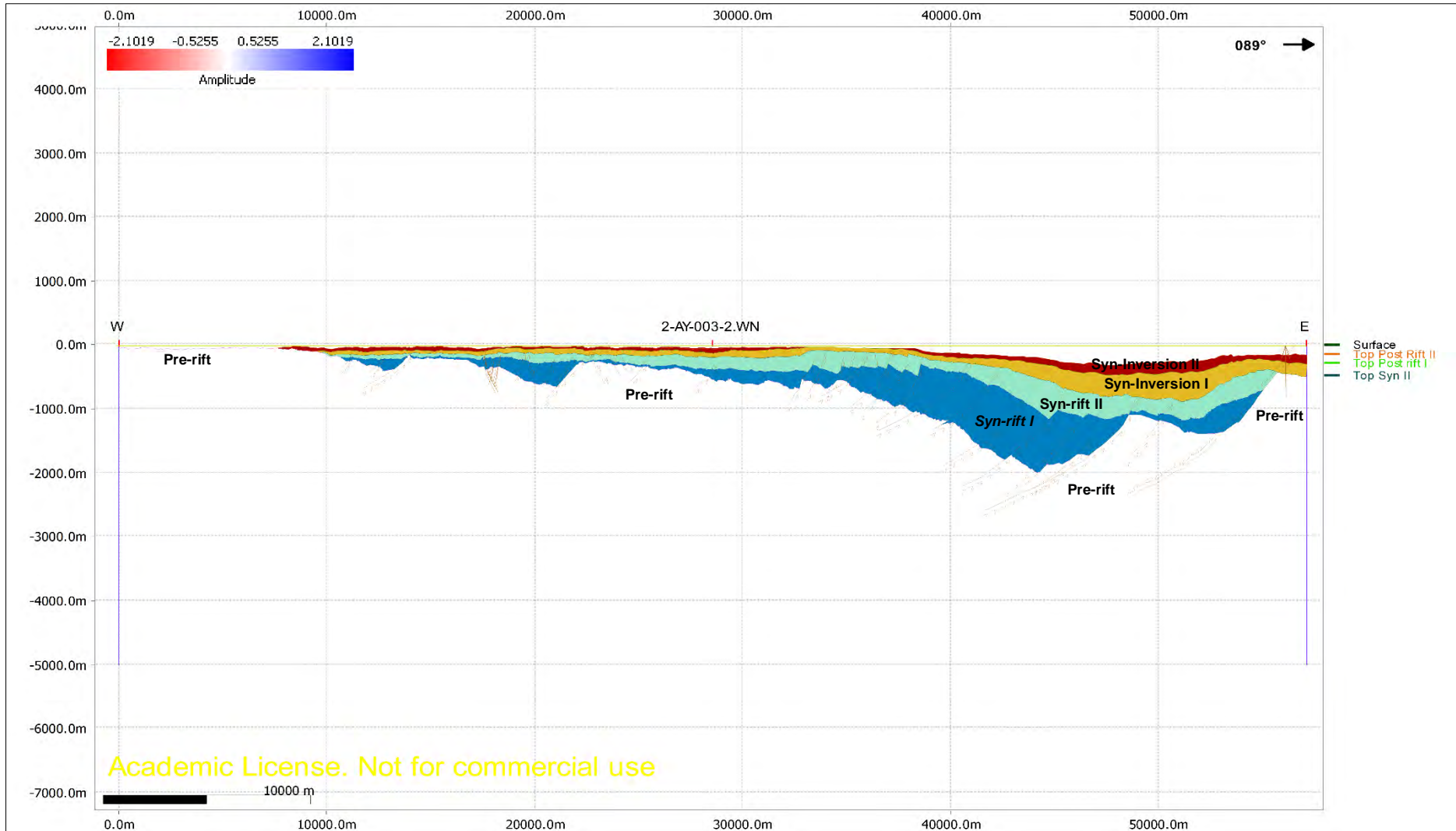
รูปกำคณวกที่ 12 ตำรำงแสดงค้ำกำรวิเครำะห์หลังกำรทำสมดุลและกำรกำลัภสภาพเดิมนแนวสำรวจ AY-003-2



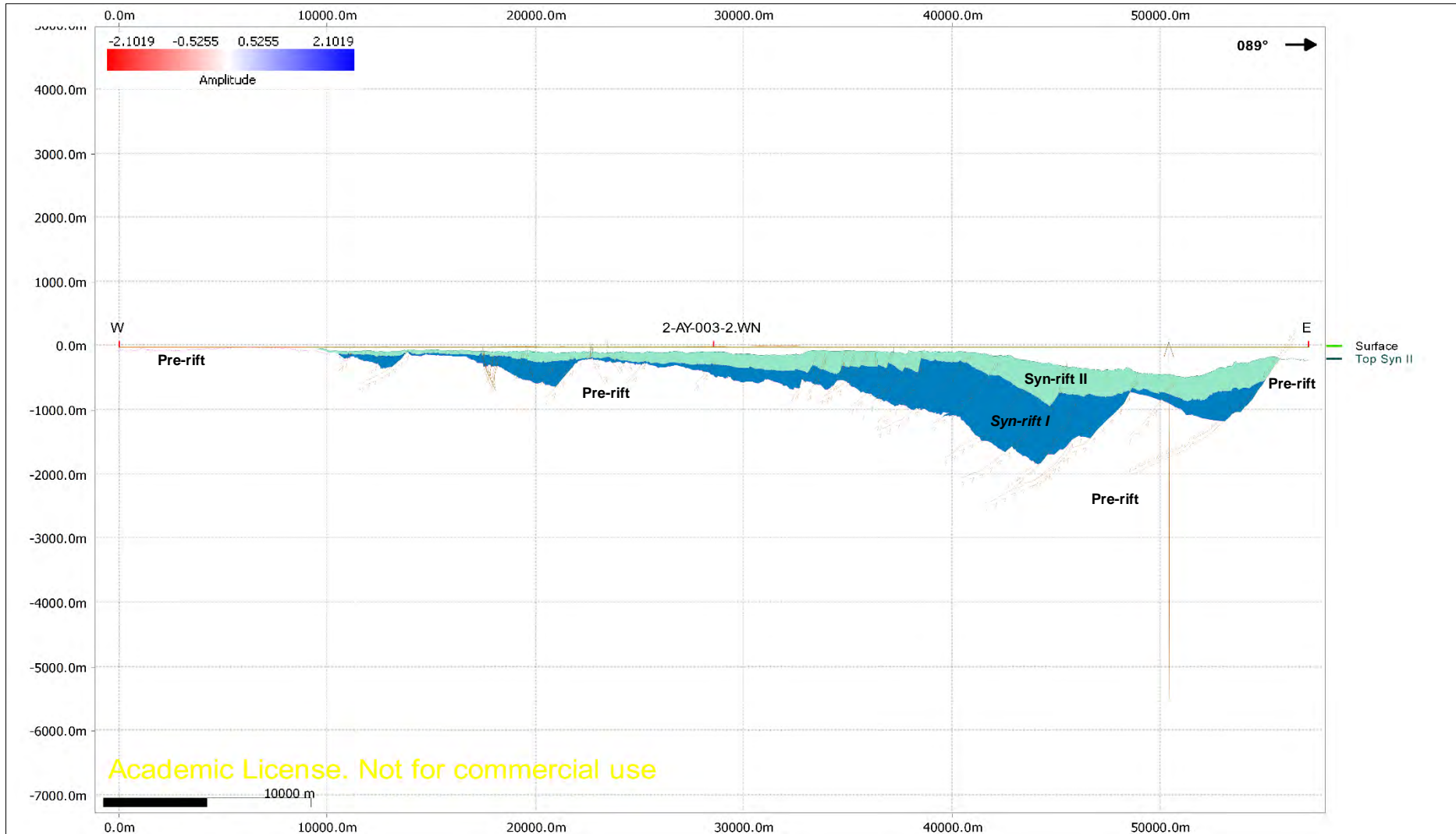
รูปภาคผนวกที่ 13 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-003-2 ก่อนทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิม



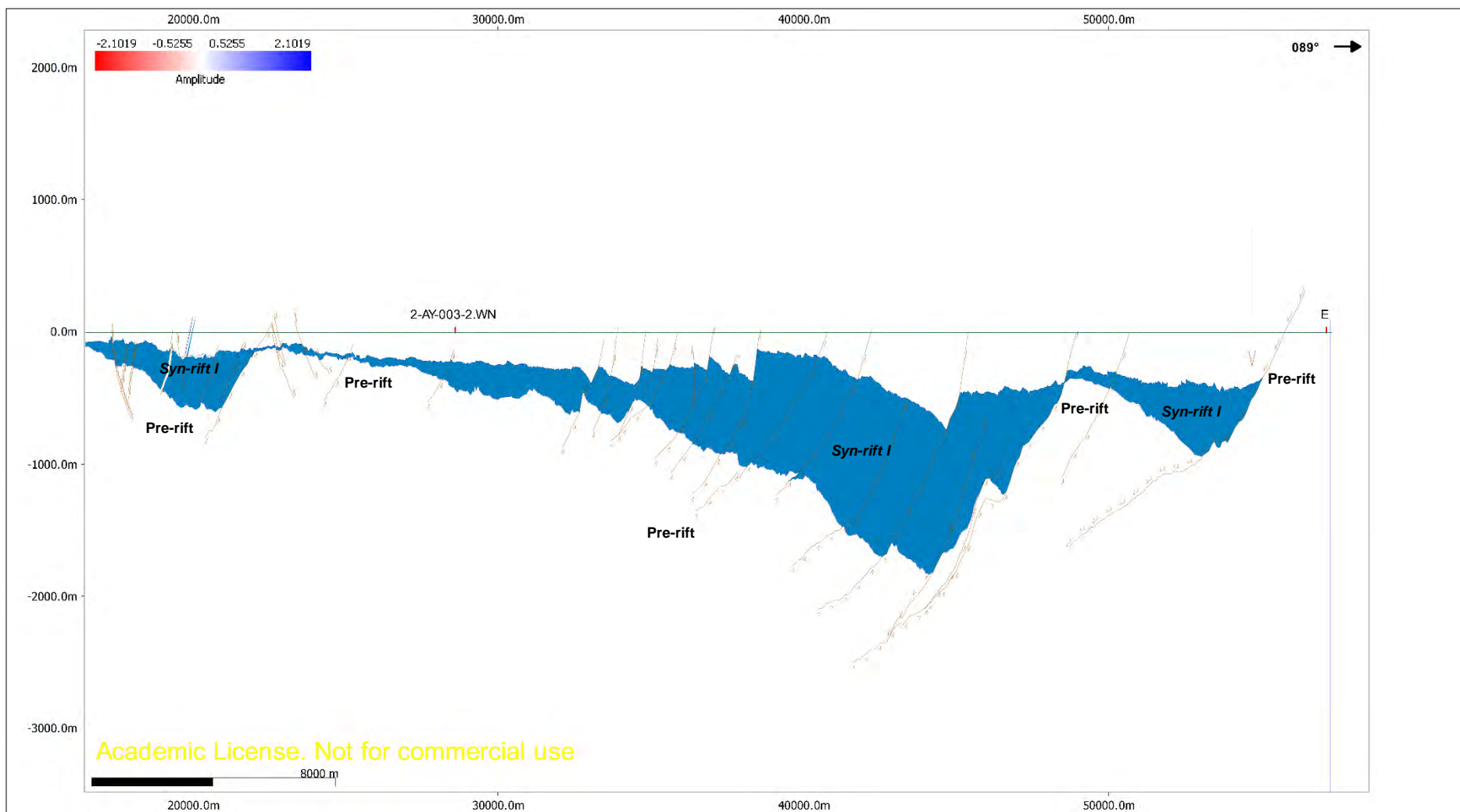
รูปภาคผนวกที่ 14 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-003-2 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Post-rift I และ Post-rift II ออก



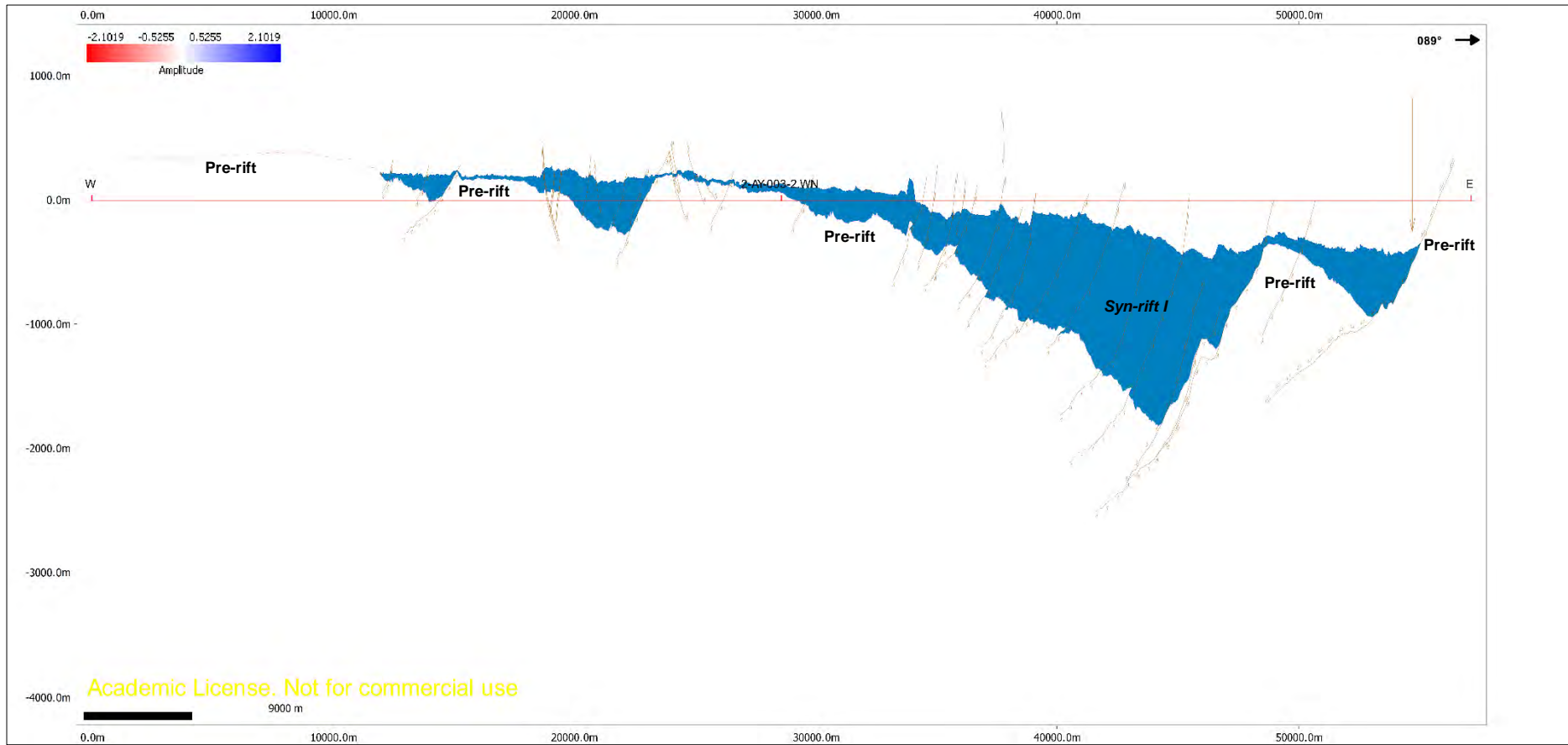
รูปภาคผนวกที่ 15 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-003-2 หลังทำการสมตุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-Inversion III ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดขึ้นหินคดโค้งหน่วย Syn-Inversion III



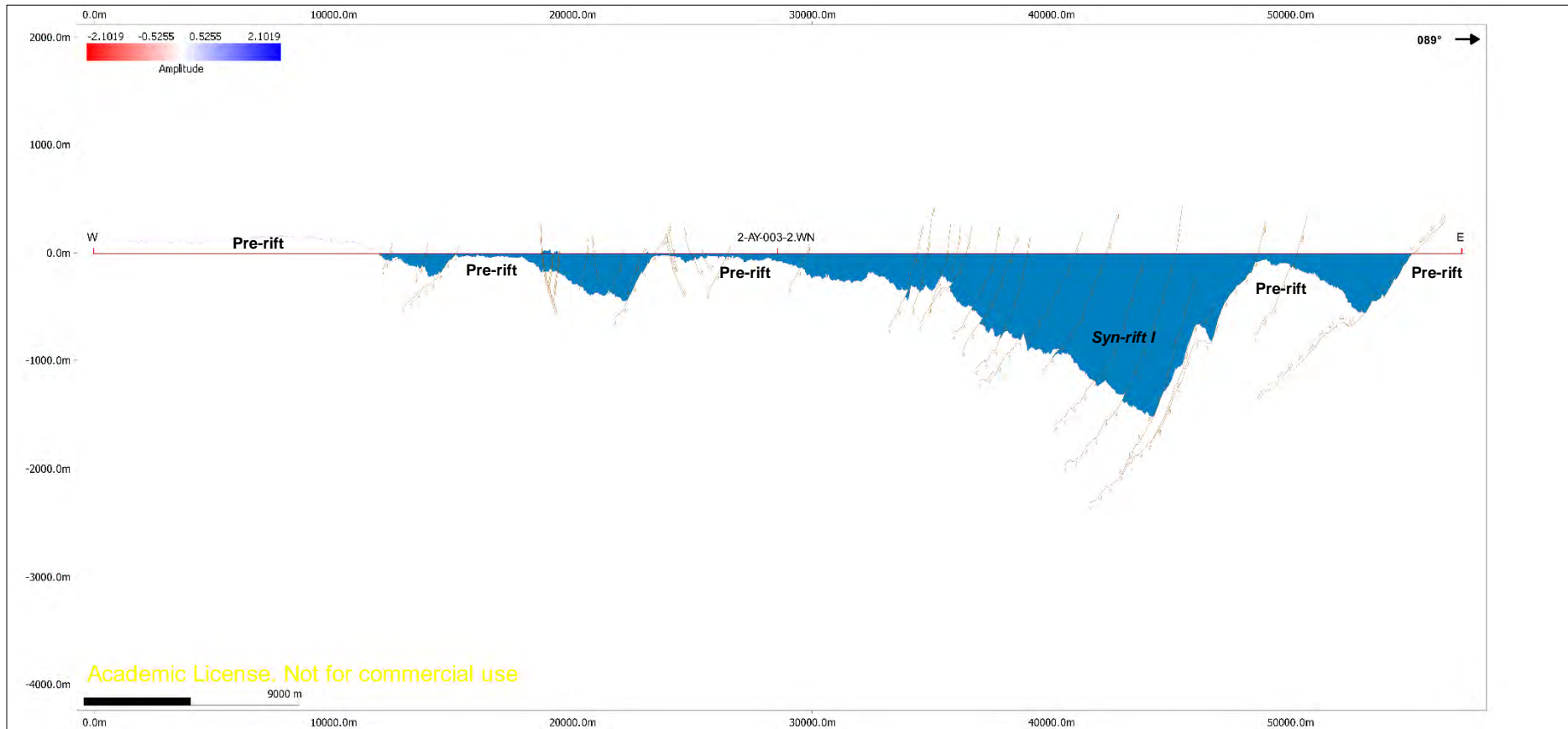
รูปภาคผนวกที่ 16 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-003-2 หลังทำการสมตุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-Inversion II และ I ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-Inversion II และ Syn-Inversion I



รูปภาคผนวกที่ 17 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-003-2 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-rift II ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-rift II

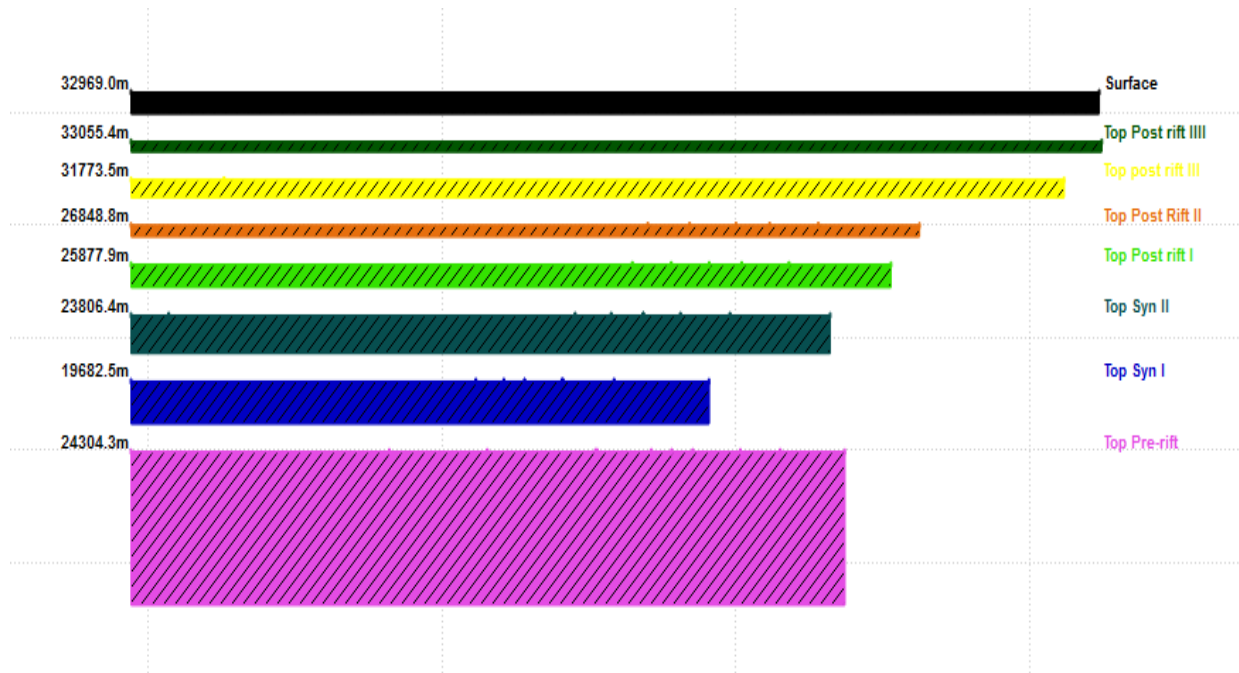


รูปภาคผนวกที่ 18 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-003-2 หลังทำการสมดุลงและ การกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนหน่วย Syn-rift I

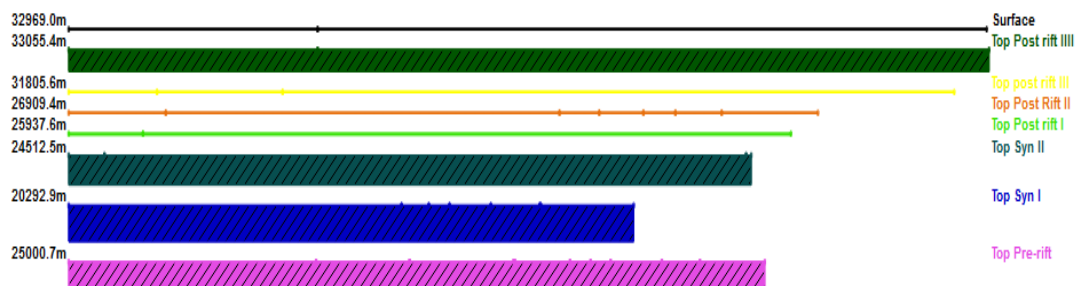


รูปภาคผนวกที่ 19 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-003-2 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-rift I

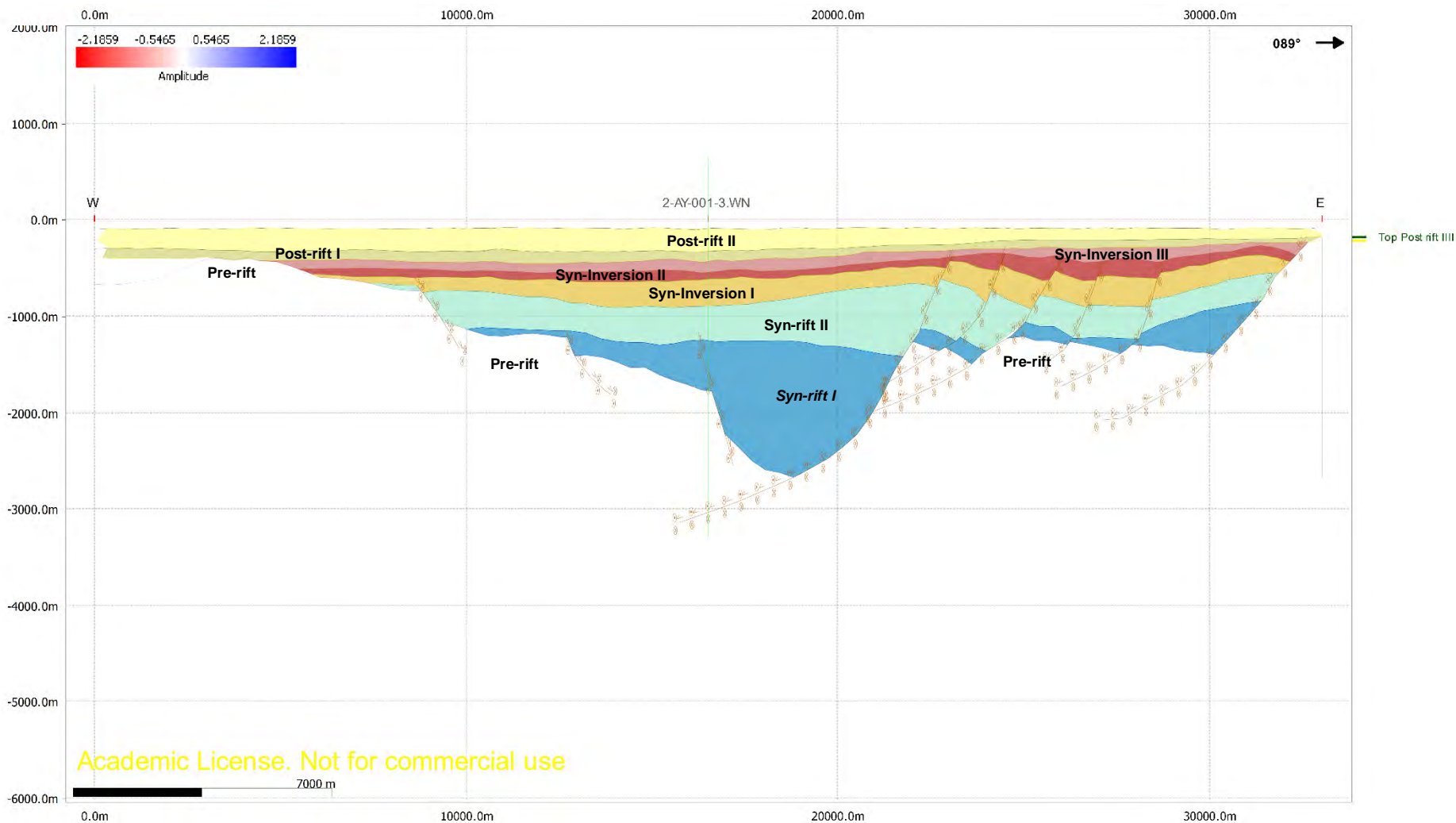
การสมดุลงและ การกลับสภาพเดิมแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-001-2



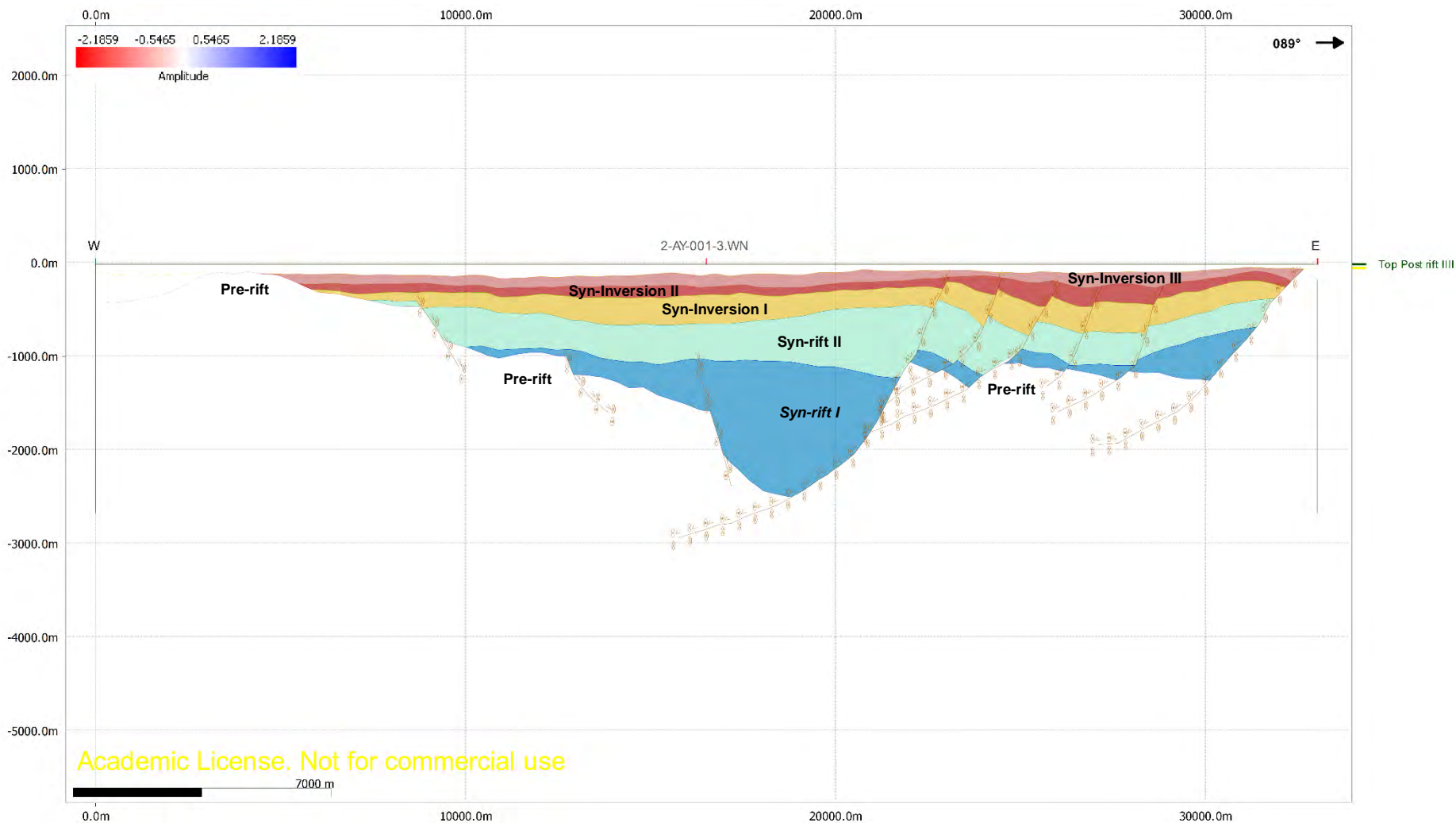
รูปภาคผนวกที่ 20 แผนภาพแสดงการวัดค่าความยาวเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ก่อนการทำสมดุลงและการกลับสภาพเดิม แนวสำรวจ AY-001-2



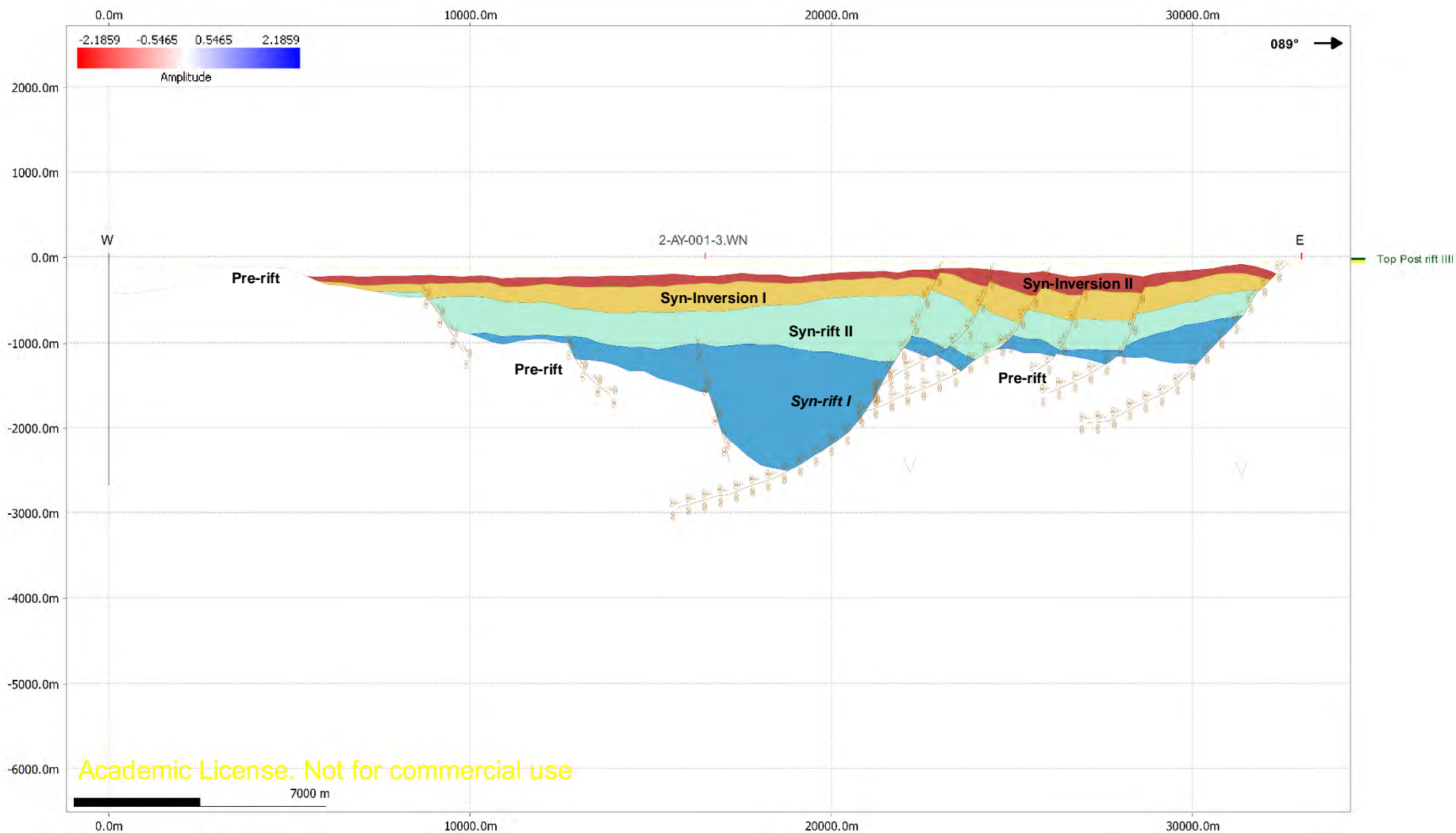
รูปภาคผนวกที่ 21 แผนภาพแสดงการวัดค่าความยาวเส้นแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ ก่อนการทำสมดุลงและการกลับสภาพเดิม แนวสำรวจ AY-001-2



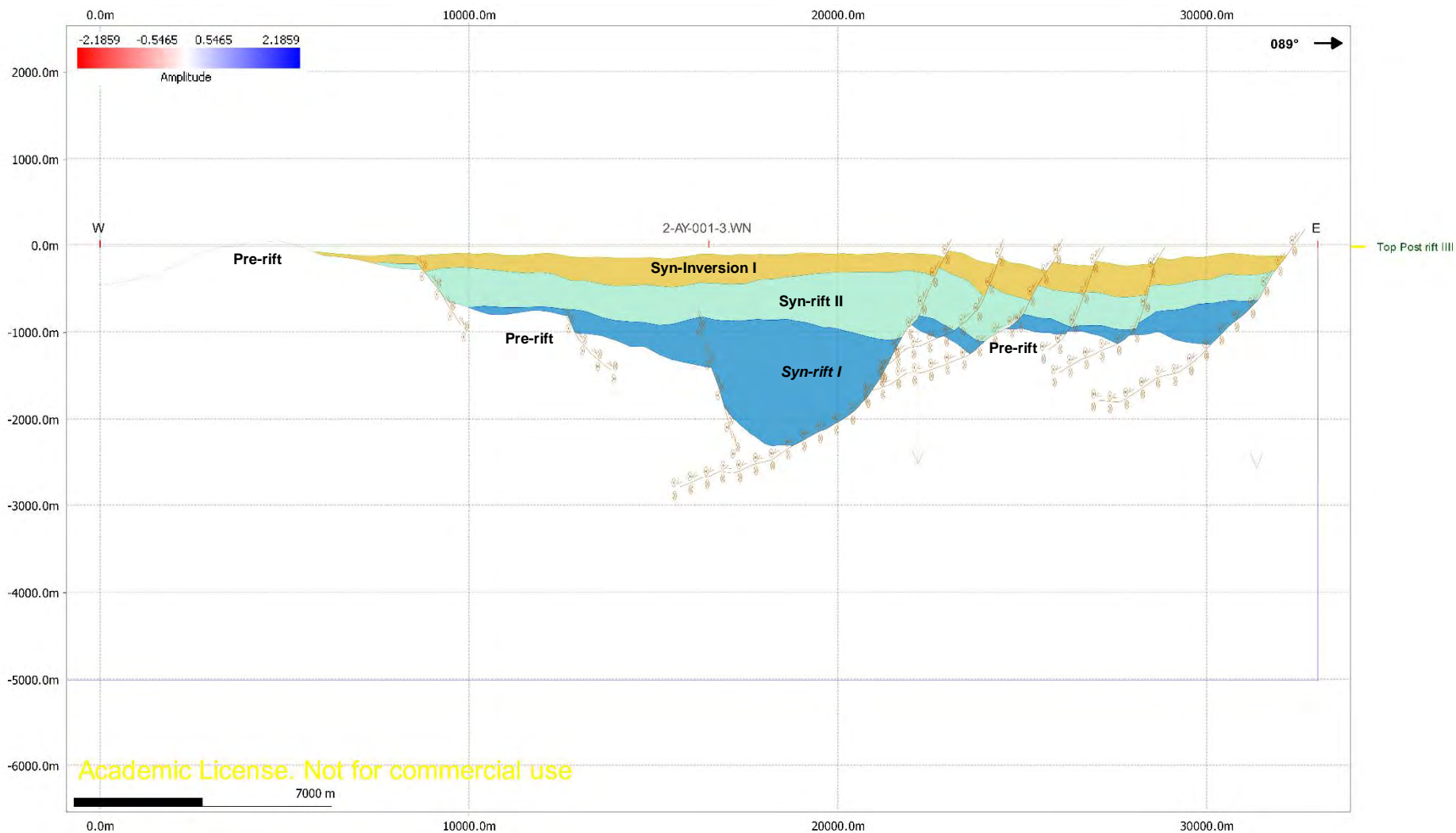
รูปภาคผนวกที่ 22 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-001-2 ก่อนทำการสมดุลงและกลับสภาพเดิม



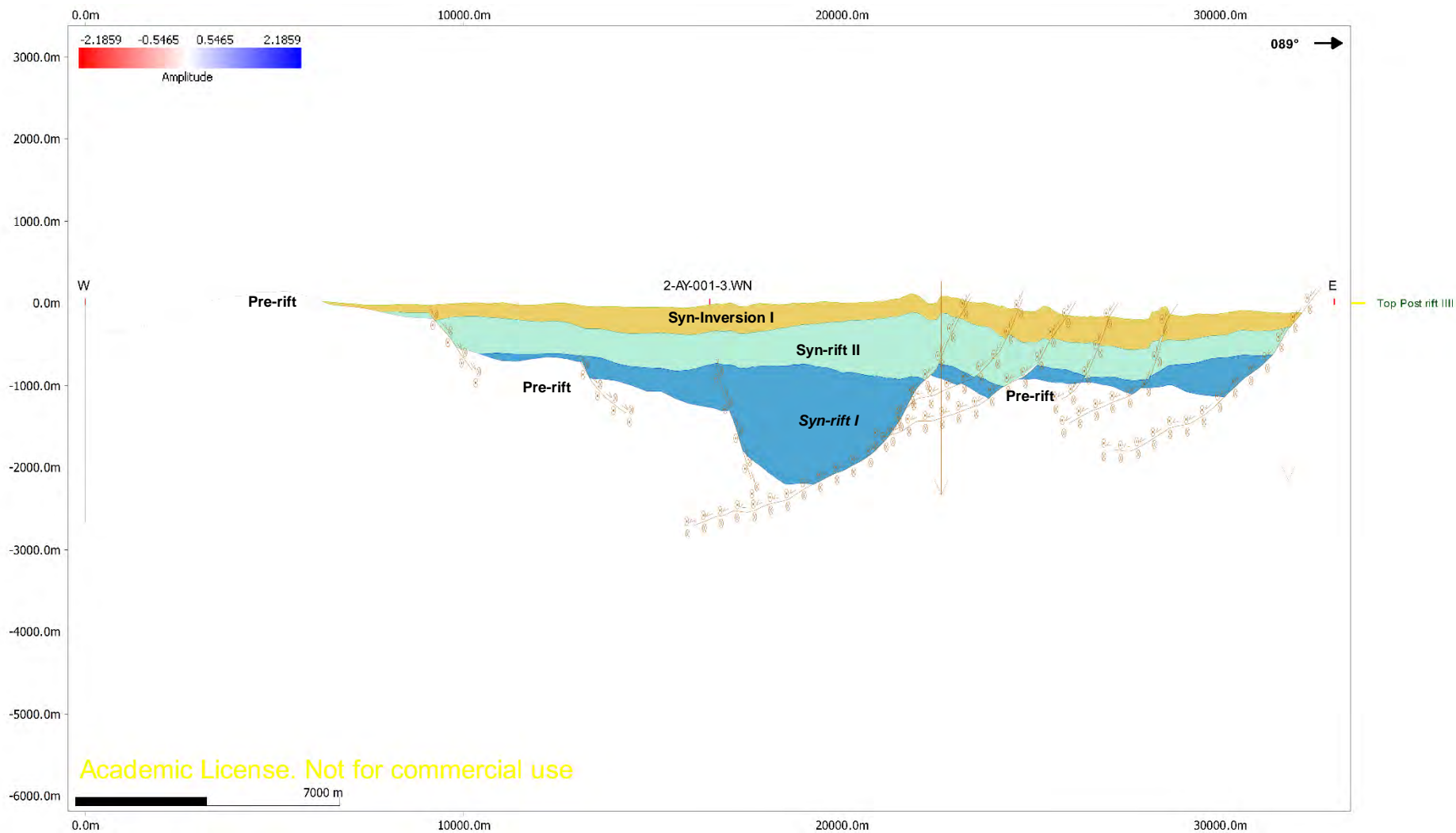
รูปภาคผนวกที่ 23 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-001-2 หลังทำการสมดุลงและ การกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Post-rift I และ Post-rift II ออก



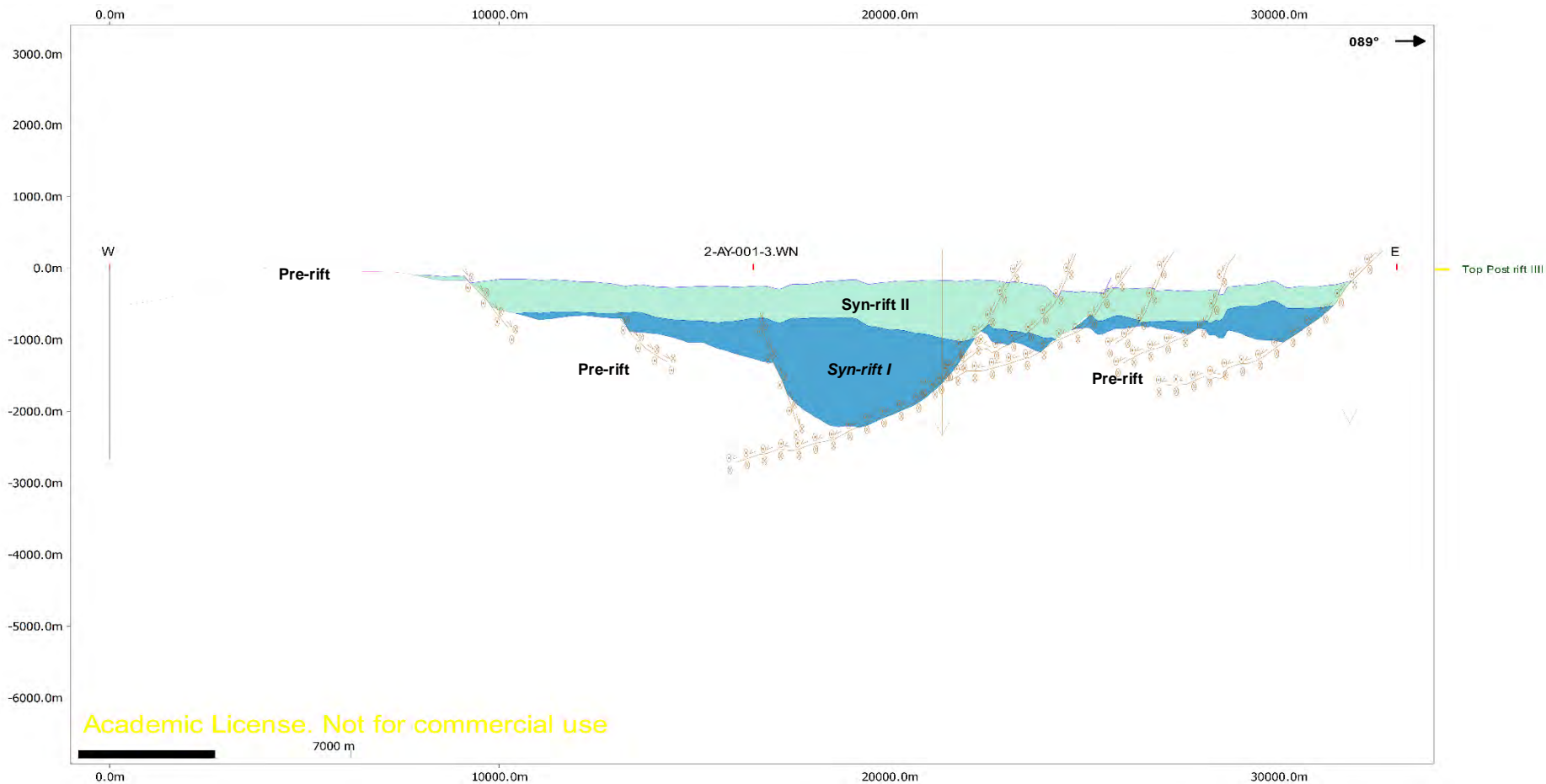
รูปภาคผนวกที่ 24 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-001-2 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-Inversion III ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-Inversion III



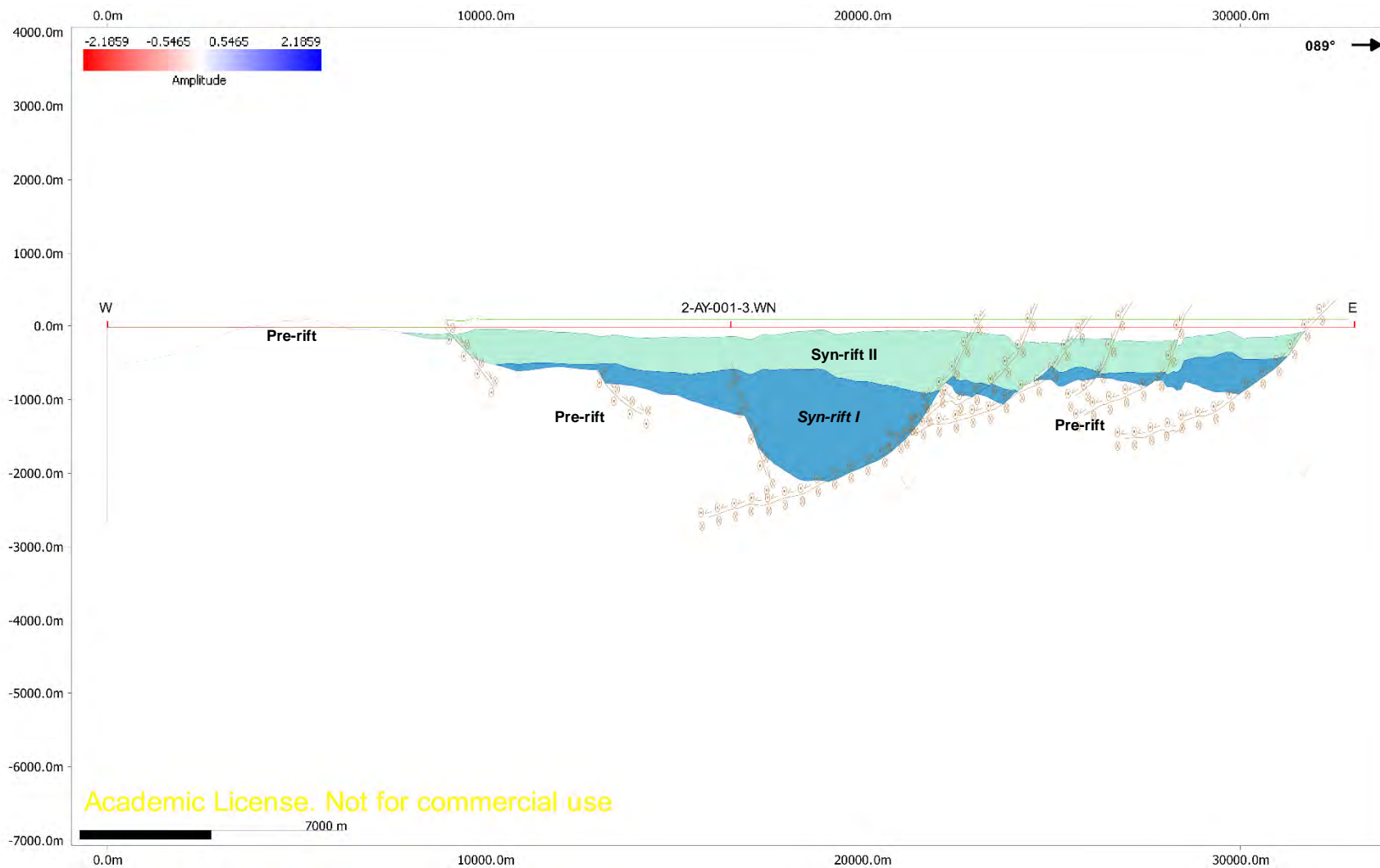
รูปภาคผนวกที่ 25 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-001-2 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-Inversion II ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-Inversion II



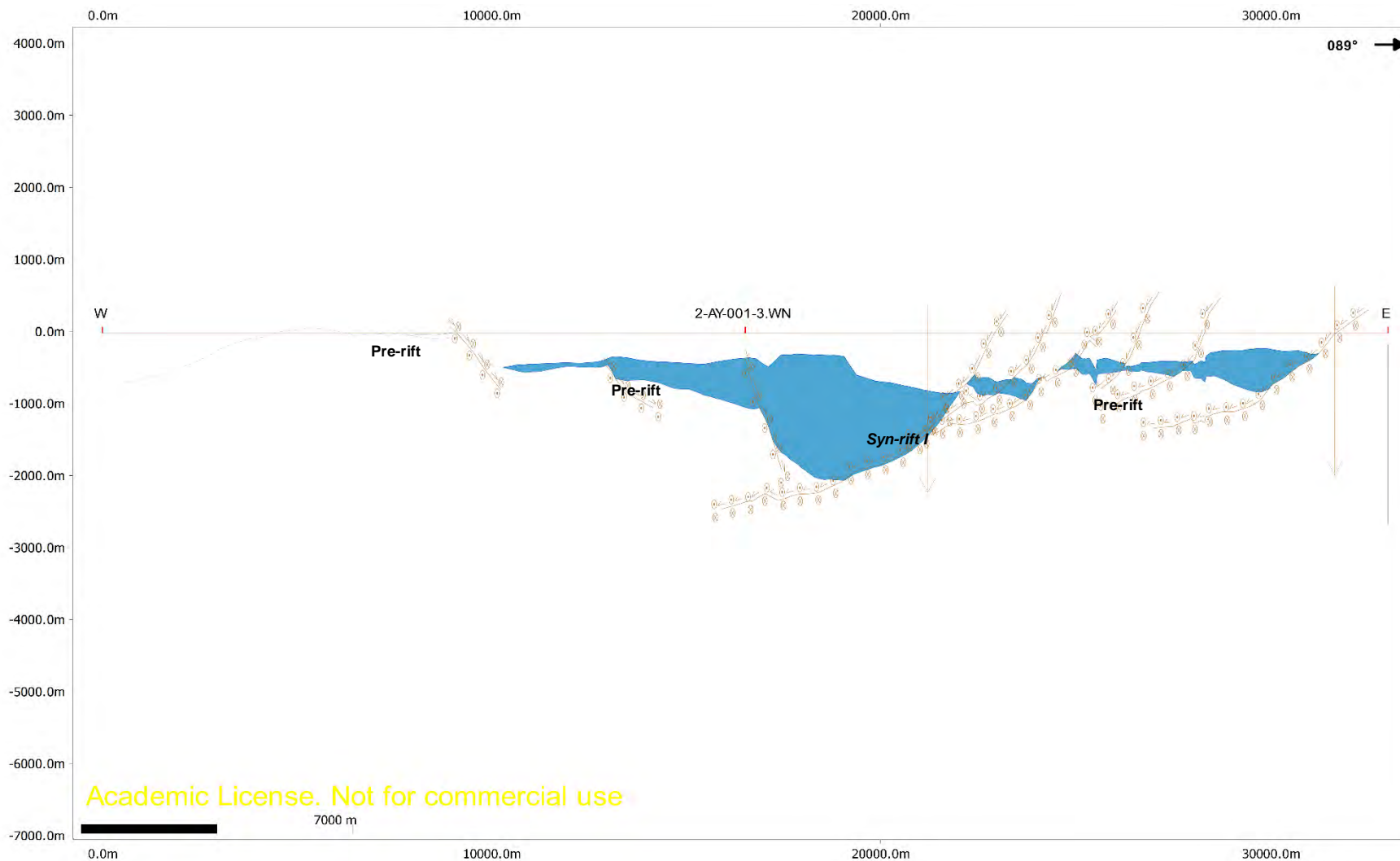
รูปภาคผนวกที่ 26 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-001-2 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนหน่วย Syn-Inversion I



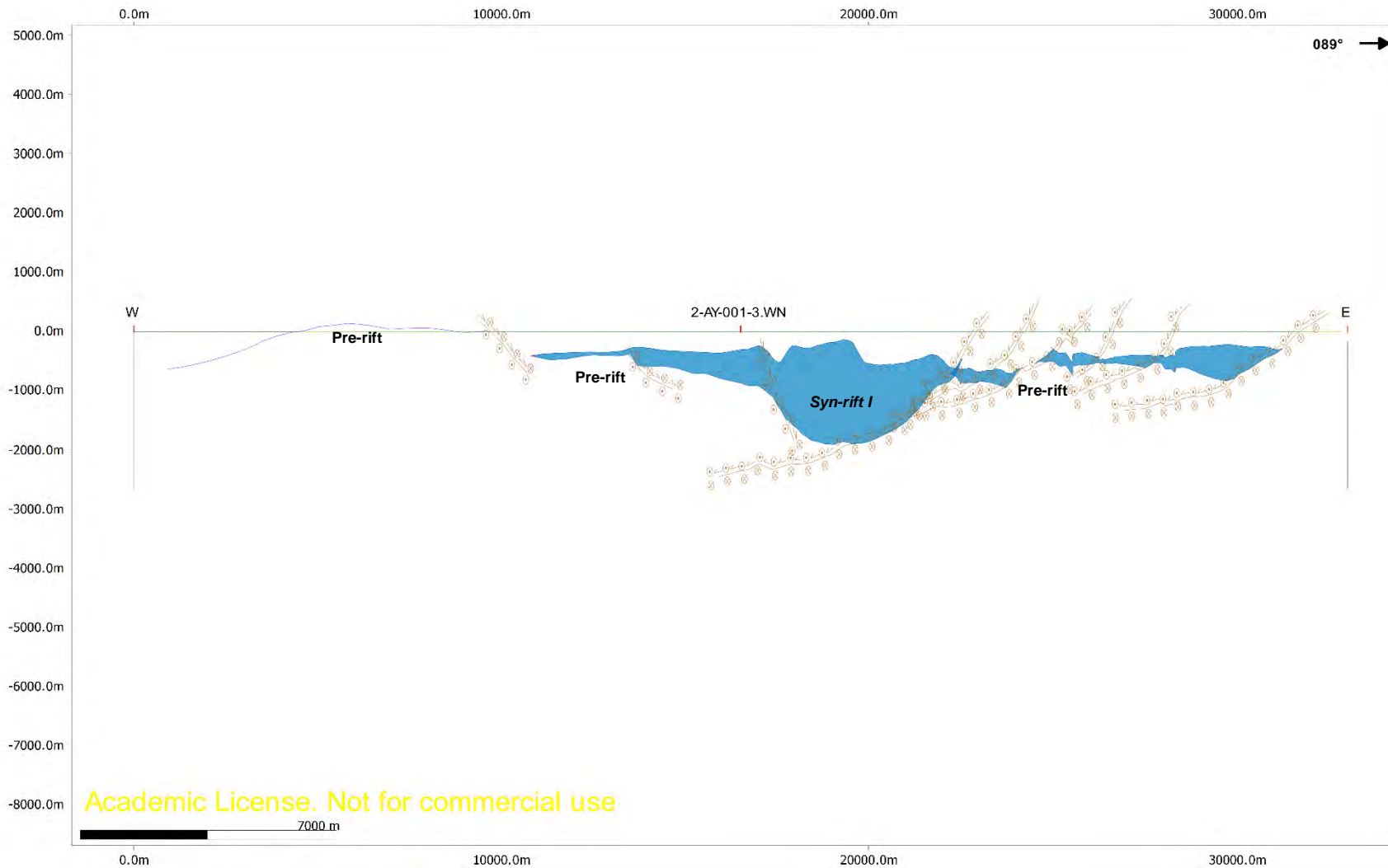
รูปภาคผนวกที่ 27 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-001-2 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-Inversion I ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-Inversion I



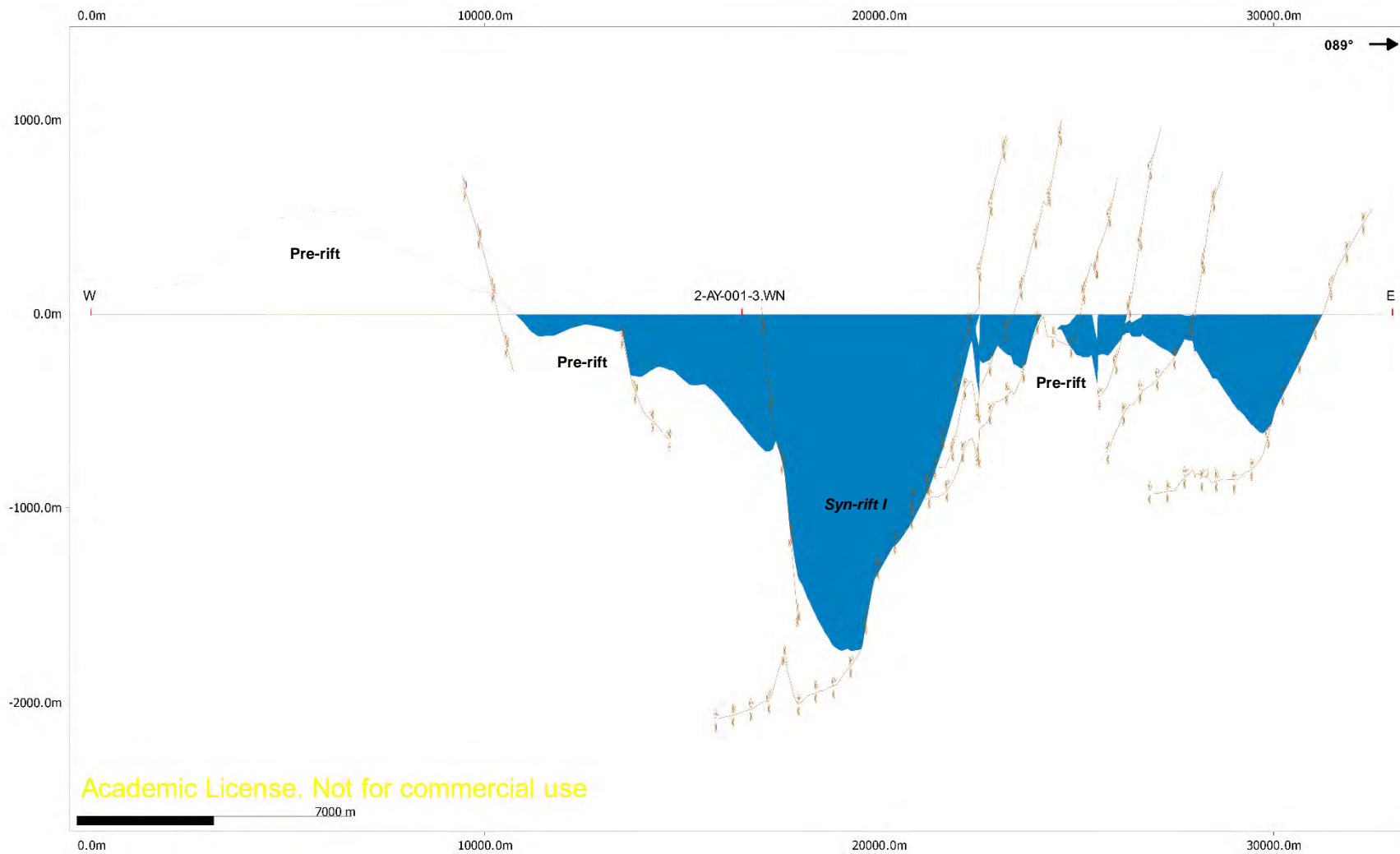
รูปภาคผนวกที่ 28 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-001-2 หลังทำการสมดุลงและทำการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนหน่วย Syn-rift II



รูปภาคผนวกที่ 29 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-001-2 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-rift II ออก และทำการย้อนสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-rift II



รูปภาคผนวกที่ 30 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-001-2 หลังทำการสมตุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนหน่วย Syn-rift I



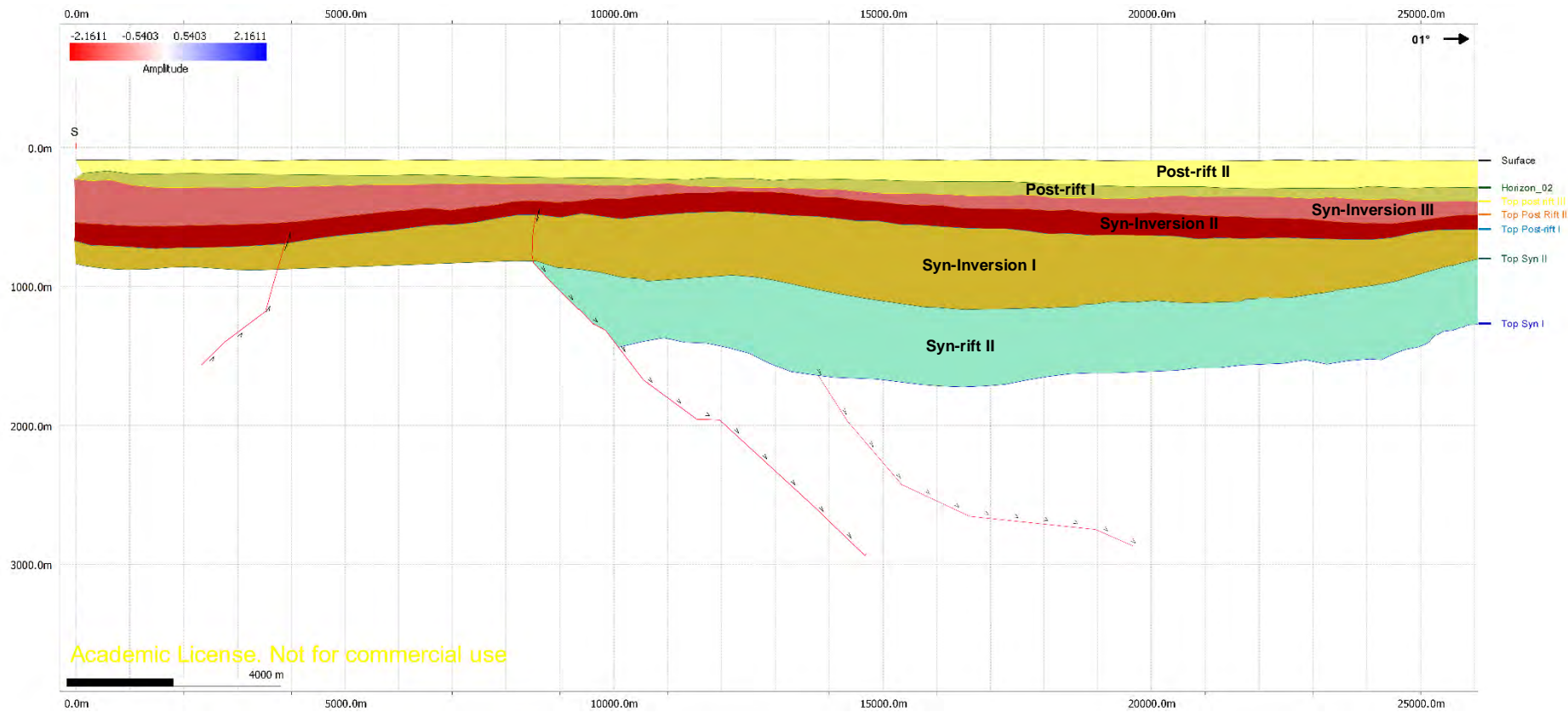
รูปภาคผนวกที่ 31 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-001-2 หลังทำการสมมูลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-rift I

การสมดุลและการกลับสภาพเดิมแบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-018

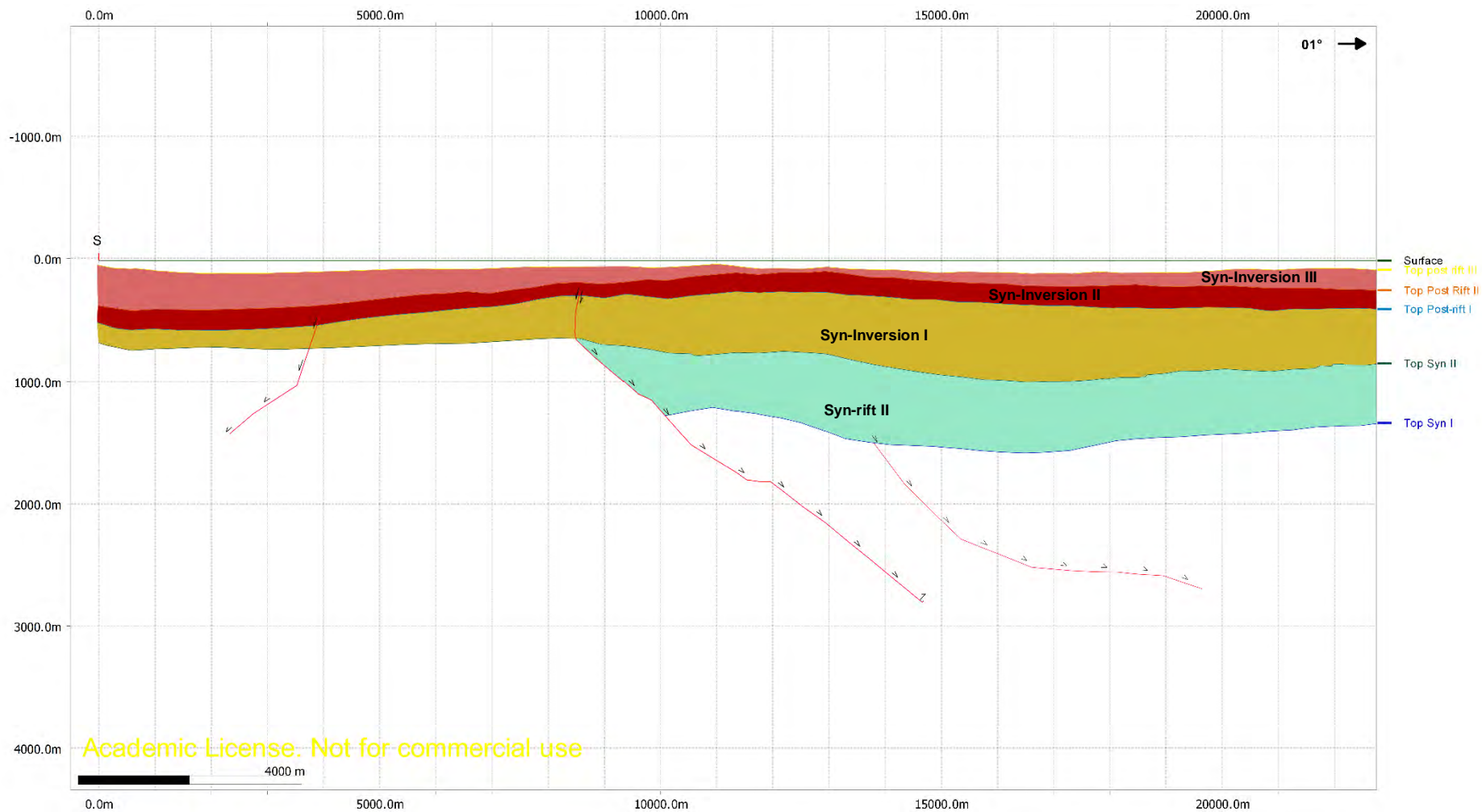
Table View

	1: Name	2: Colour	3: Average Vertical Thickness	4: Area	5: Length
Minimum			132.2	3979027	25.8
Mean			582.2	12725787	22952.9
Maximum			1561.0	28092618	29715.7
Unit			m	m ²	m
1	Surface		151.0	4409846	29017.8
2	Top post rift III		135.6	4067761	29715.7
3	Top Post Rift II		132.2	3979027	29696.3
4	Top Syn II		931.3	28092618	29604.4
5	Top Syn I		1561.0	23079681	19657.2
6	Top Pre-rift				25.8
7	.				
8	Total			63628933	137717.1

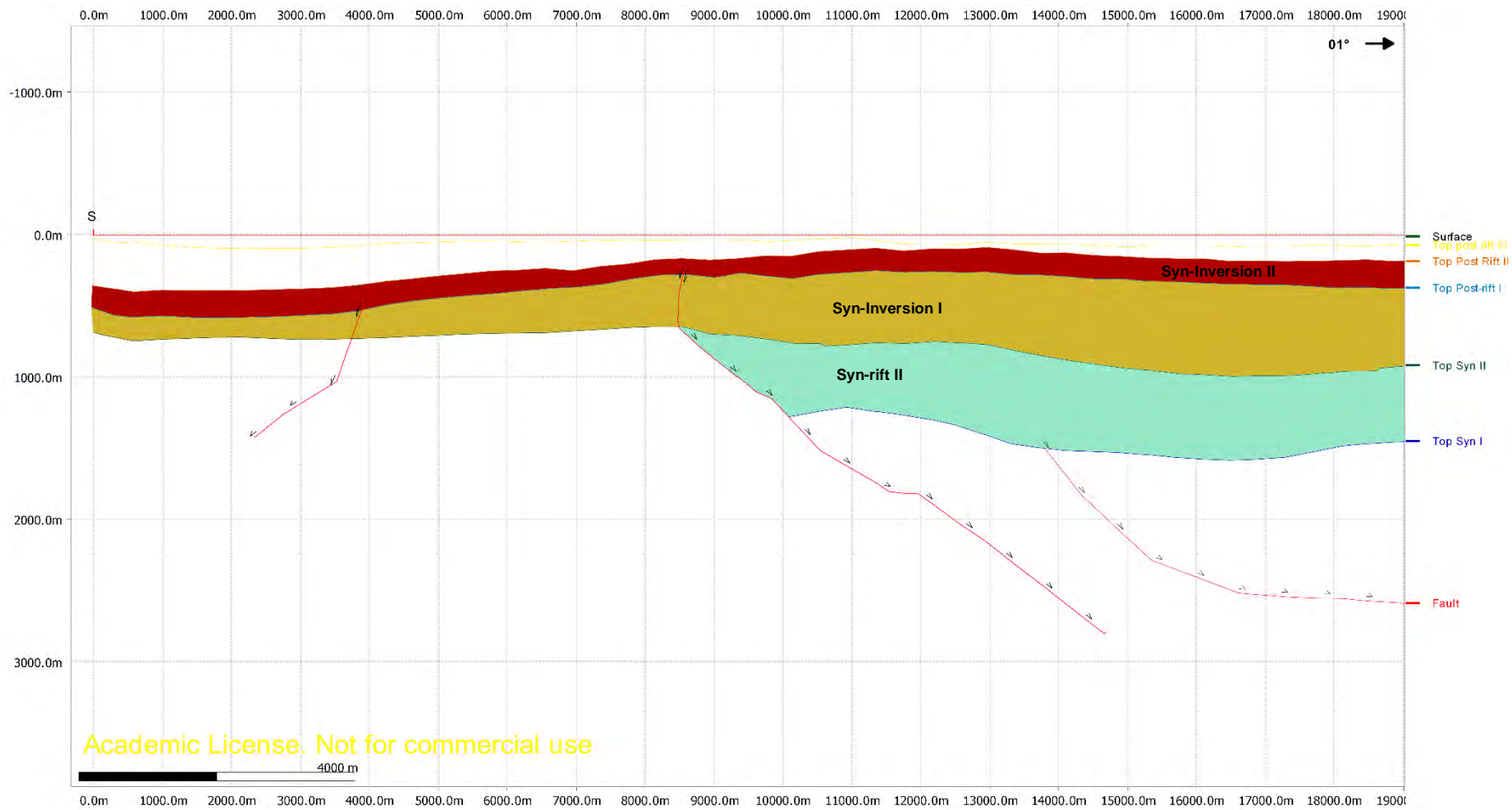
รูปภาคผนวกที่ 32 ตารางแสดงค่าการวิเคราะห์ก่อนการทำสมดุลและการกลับสภาพเดิม แนวสำรวจ AY-018



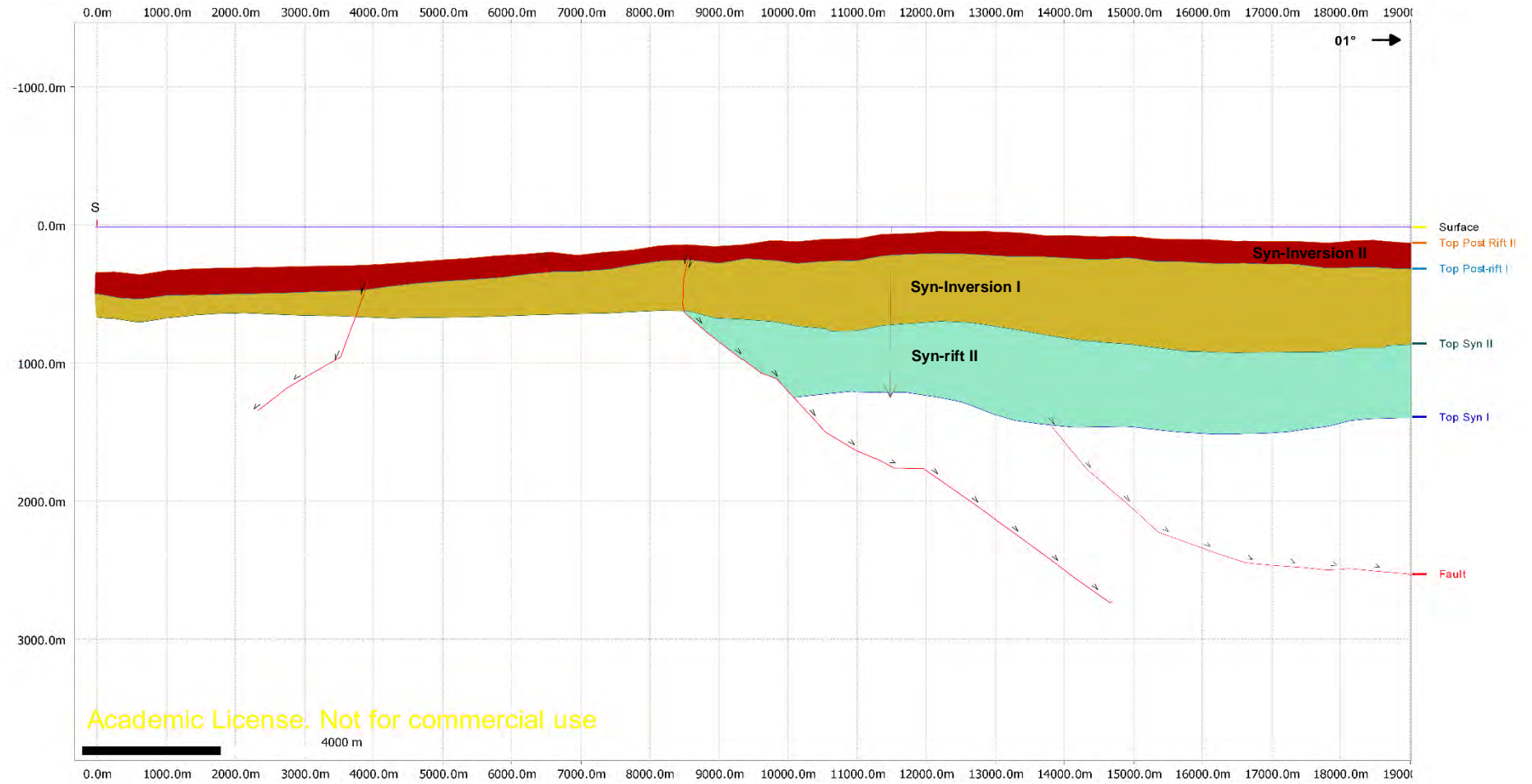
รูปภาคผนวกที่ 33 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-018 บริเวณทางตอนใต้ ซึ่งแสดงเพียงหน่วย Post-rift II, Post-rift I, Syn-Inversion III, Syn-Inversion II, Syn-Inversion I และ Syn-rift II ก่อนทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิม



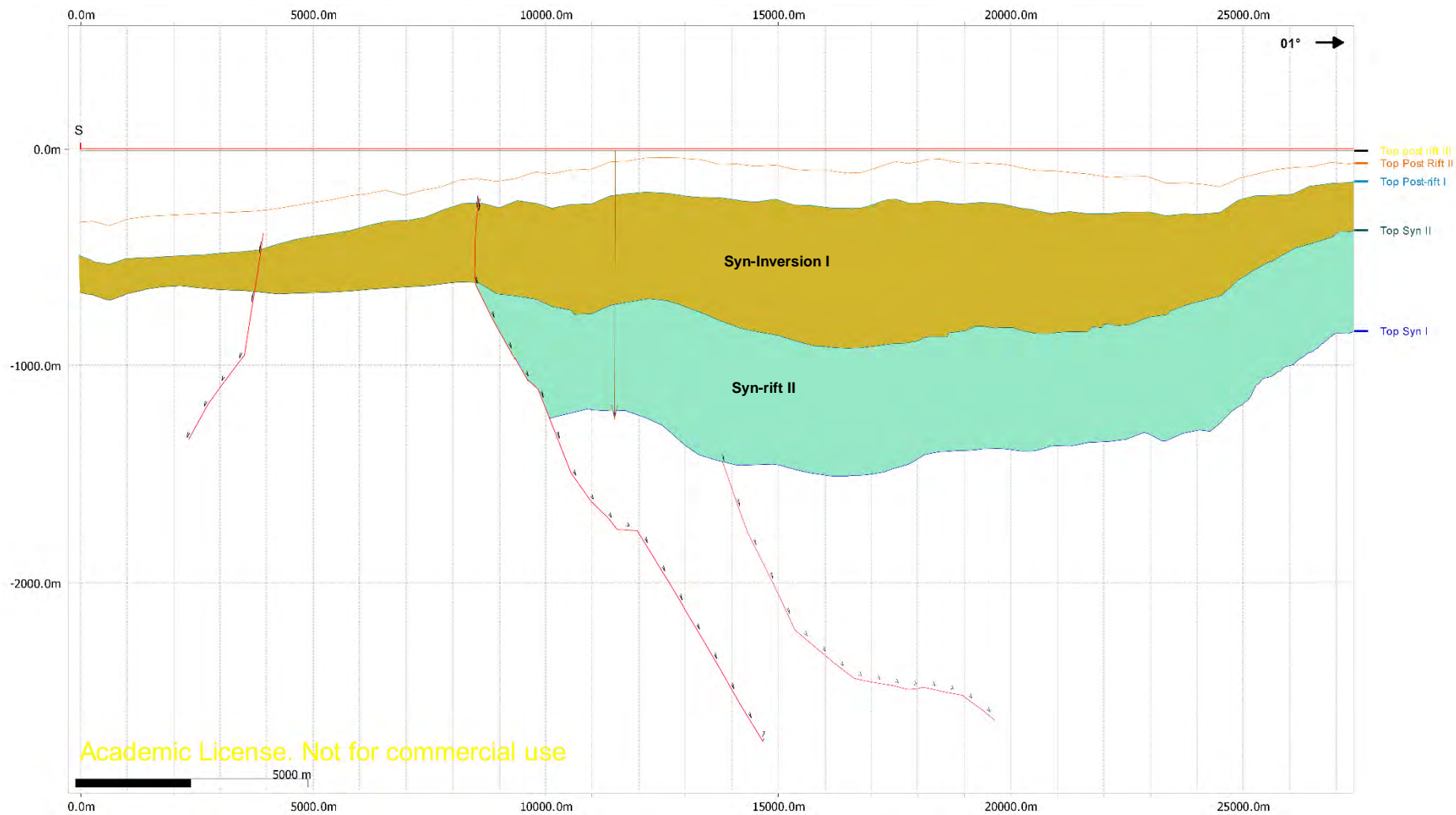
รูปภาคผนวกที่ 34 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-018 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Post-rift I และ Post-rift II ออก



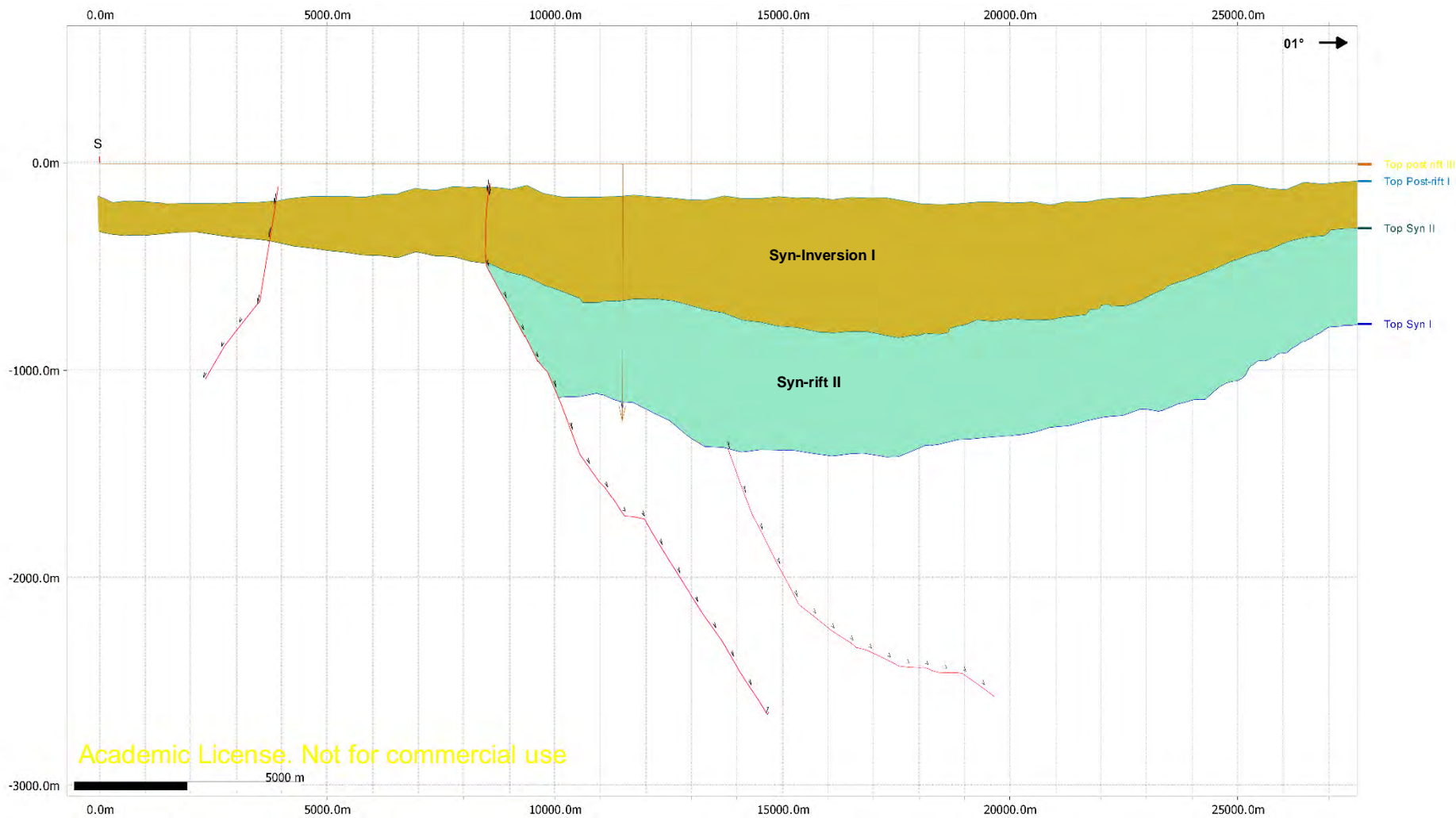
รูปภาคผนวกที่ 35 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-018 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-Inversion III ออก



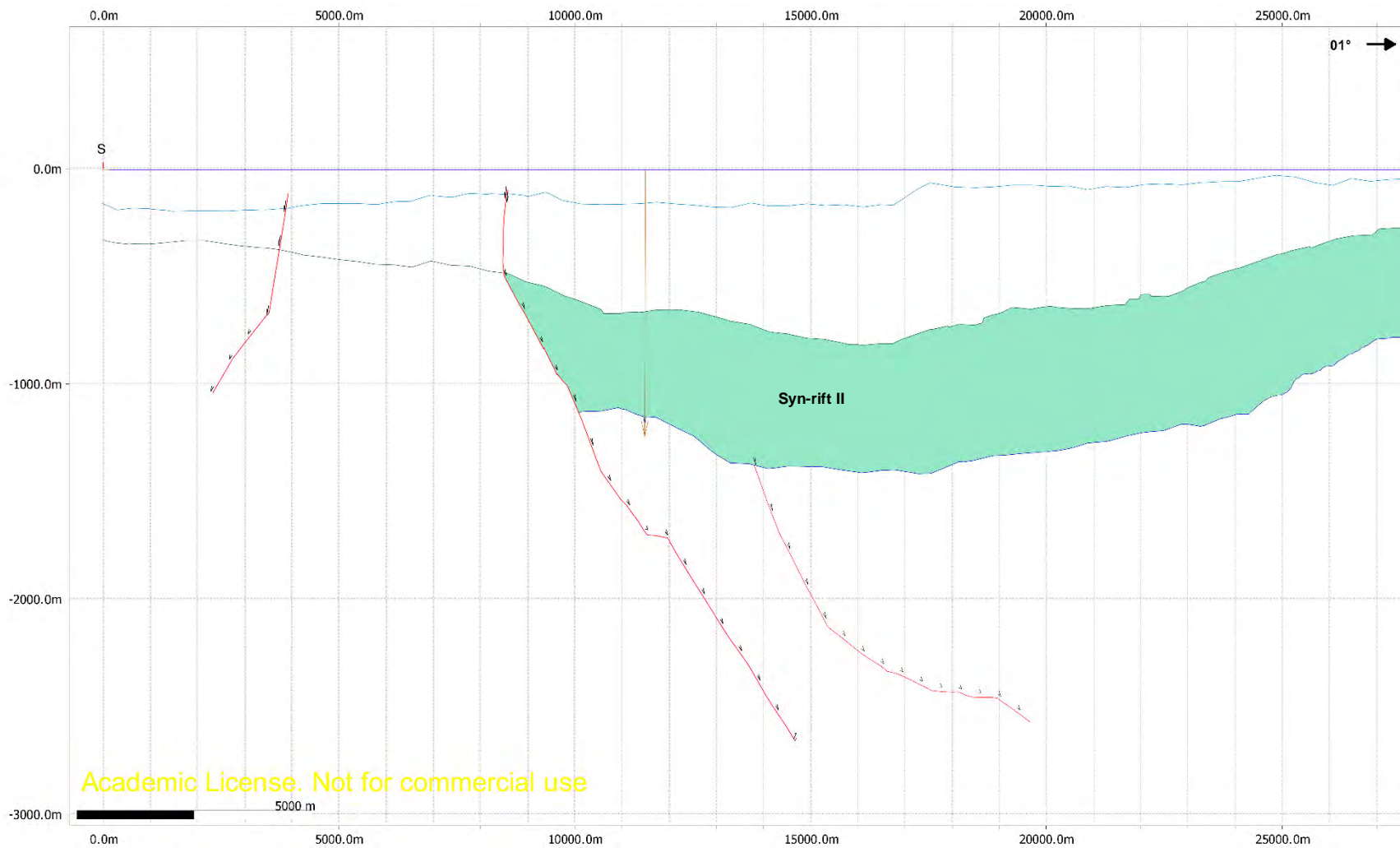
รูปภาคผนวกที่ 36 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-018 หลังทำการสมดุลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-Inversion III



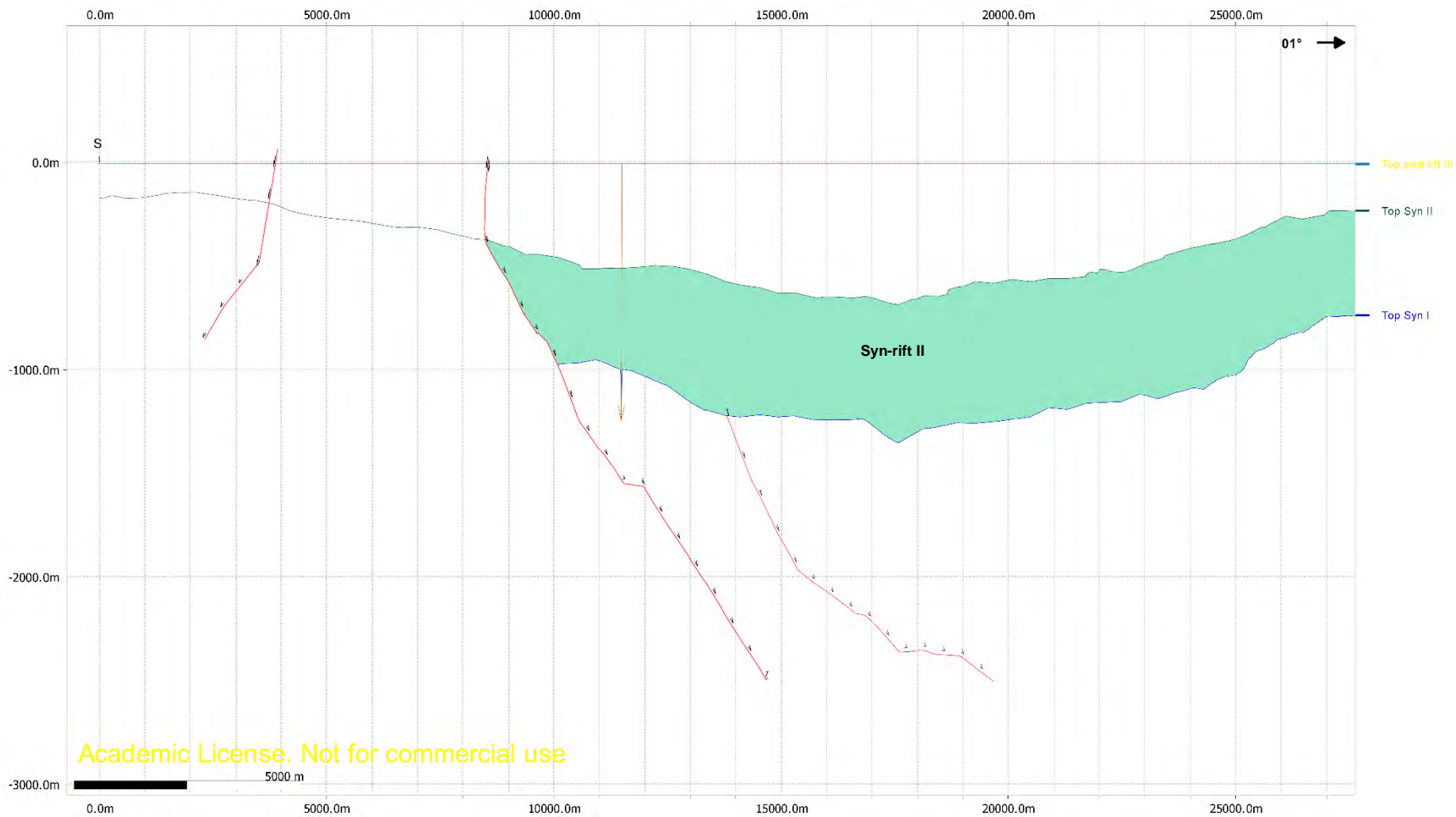
รูปภาคผนวกที่ 37 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-018 หลังทำการสมดุลงและ การกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-Inversion II ออก



รูปภาคผนวกที่ 38 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-018 หลังทำการสมดุลงและ การกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-Inversion II



รูปภาคผนวกที่ 39 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-018 หลังทำการสมมูลและการกลับสภาพเดิมโดยวิธีการนำชั้นหินปิดทับหน่วย Syn-Inversion I ออก



รูปภาคผนวกที่ 40 แบบจำลองโครงสร้างและลำดับชั้นหินจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ แนวการสำรวจ AY-018 หลังทำการสมดุลงและ การกลับสภาพเดิมโดยวิธีการกลับสภาพเดิมก่อนเกิดชั้นหินคดโค้งหน่วย Syn-Inversion I