



## รายงานการวิจัย

# การศึกษาเบื้องต้นของลักษณะปรากฏในบริเวณที่มีการทรุดตัวของแผ่นดิน จากภาพถ่ายจากดาวเทียม

(Preliminary study of subsidence features from satellite images)

ผู้วิจัย

อัมพรรค์ วรรณโกมล

สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2543

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มีนาคม 2545

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีปีงบประมาณ พ.ศ. 2543 งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีก็ด้วยความช่วยเหลือทางด้านข้อมูลในการสำรวจภาคสนามและร่วมสำรวจกรณีพิศกัจาก คุณศักดา ขุนดี นักธรณีวิทยา 6 กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี และคุณกัญฉะ มลิตา นักศึกษามัธยมศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้วิจัย

มีนาคม 2545

## บทคัดย่อ

การศึกษาภาพถ่ายจากดาวเทียมประกอบกับการศึกษาทางด้านธรณีวิทยาโครงสร้างและธรณีฟิสิกส์สามารถนำมาใช้ในการศึกษาหาบริเวณที่อาจจะเกิดแผ่นดินไหวได้ โดยในการศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่บริเวณจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ และบางส่วนของจังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดขอนแก่น มาเป็นพื้นที่ศึกษา จากการศึกษาทางธรณีวิทยาโครงสร้างพบว่า การเกิดการละลายของเกลือหินโดยธรรมชาตินั้นมีความสัมพันธ์กันกับรอยแตกของหิน ผลจากการพิจารณาถึงลักษณะของธรณีวิทยาโครงสร้างที่สามารถตรวจพบได้จากการพิจารณาจากภาพถ่ายจากดาวเทียมประกอบกันกับการเข้าสำรวจในภาคสนามทางธรณีวิทยา สามารถจัดจำแนกประเภทของหลุมยุบซึ่งเป็นหลักฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งของบริเวณที่จะเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินได้ 3 ลักษณะ คือ 1. หลุมยุบที่เกิดบริเวณรอยแตกของหิน 2. หลุมยุบที่เกิดบริเวณใกล้แม่น้ำ และ 3. หลุมยุบที่เกิดบริเวณต้นน้ำ ลำธาร และเมื่อประกอบกันกับผลจากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ซึ่งได้แก่การสำรวจทางด้านความต้านทานไฟฟ้าในแนวดิ่งและการสำรวจทางด้านคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับ ซึ่งในการศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่บริเวณอำเภอคง จังหวัดนครราชสีมา เป็นพื้นที่ศึกษาเพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่อยู่ใต้พื้นดินกับลักษณะปรากฏที่ผิวดินที่ตรวจพบได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม สามารถที่จะจัดจำแนกบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวตามระดับของความเสี่ยงได้จากการสร้างแผนที่แสดงความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงทั้งแบบตามความยาวรวมในหนึ่งหน่วยพื้นที่และแบบตามความถี่ของการตัดกันของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงที่วิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมได้เป็น 3 กลุ่ม 1. บริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินสูง ได้แก่ บริเวณ บ้านหนองม่วง อ. ประทาย บ้านโนนสัง อ. บัวใหญ่ พื้นที่ทางตอนใต้และทางตะวันออกของ อ. คง จ. นครราชสีมา และพื้นที่ทางตะวันตกของ อ. พล จ. ขอนแก่น 2. บริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินปานกลาง ได้แก่ พื้นที่ทางตอนเหนือของ อ. บัวใหญ่ จ. นครราชสีมา และพื้นที่ทางตะวันออกของ อ. พล จ. ขอนแก่น และ 3. บริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินต่ำ ได้แก่ อ. คอนสวรรค์ จ. ชัยภูมิ และพื้นที่ทางตอนใต้ของ อ. พล จ. ขอนแก่น

## Abstract

Satellite images analyzed together with geological structure studies and geophysical surveys can be applied to detect possible land subsidence areas. The area of Nakhon Ratchasima, Chaiyaphum, Buriram, Mahasarakham, and Khon Kaen province are selected for the study area. Results from structural geology indicate that there is a direct relationship between salt rock dissolution and fractures of rock in the region. Based on lineament analysis of satellite images and field checking, sink holes (important evidence that an area will develop land subsidence) within the study area can be classified into 3 types; 1) sink holes occurring at rock fractures 2) sink holes occurring near rivers and 3) sink holes occurring at the recharge area. Electrical vertical sounding and seismic reflection surveys were conducted at Amphur Khong, Nakhon Ratchasima province to determine the subsurface geological structure and its relation to the surface features that are analyzed and detected by satellite images and to classify land subsidence areas as its risk level. Lineament length density maps and lineament intersection density maps were created to classify the land subsidence area into 3 levels based on its risk level; 1) High risk level land subsidence areas: Ban Nong Moung in Amphur Prathai, Ban Non Sung in Amphur Bua Yai, southern and the eastern area of Amphur Khong, Nakhon Ratchasima province, and the western area of Amphur Phon Khon, Kaen province 2) Moderate risk level land subsidence area: the northern area of Amphur Bua Yai in Nakhon Ratchasima province and the eastern area of Amphur Phon, Khon Kaen province, and 3) Low risk level land subsidence area: Amphur Khonsawan, Chaiyaphum province and the southern area of Amphur Phon Khon, Kaen province.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ .....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ .....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	1
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 ธรณีวิทยาและธรณีวิทยาโครงสร้างทั่วไปของพื้นที่ศึกษา.....	3
1.7 กระบวนการและปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำให้เกิดการทรุดตัวของแผ่นดิน .....	11
<b>บทที่ 2 วิธีวิจัย</b>	
2.1 การวิเคราะห์และแปลความหมายจากภาพถ่ายจากดาวเทียม.....	14
2.2 การสำรวจทางธรณีวิทยา .....	20
2.2.1 การสำรวจในภาคสนาม.....	20
2.2.2 การสำรวจและการวิเคราะห์โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรง.....	21
2.3 การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ .....	26
2.3.1 การสำรวจทางด้านความต้านทานไฟฟ้า.....	26
2.3.2 การสำรวจทางด้านคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับ .....	29
<b>บทที่ 3 ผลการวิจัย</b>	
3.1 ผลการสำรวจและวิเคราะห์ทางธรณีวิทยา.....	32
3.2 ผลการแปลความหมายทางธรณีวิทยาจากภาพถ่ายจากดาวเทียม.....	33
3.3 ผลการแปลความหมายจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์.....	40

	หน้า
บทที่ 4 บทสรุป	
4.1 สรุปผลการวิจัย.....	61
4.2 ข้อเสนอแนะ.....	63
บรรณานุกรม.....	64
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	67
ภาคผนวก ข.....	70
ประวัติผู้วิจัย.....	94

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าในการสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้า ในแต่ละจุดสำรวจ.....	28

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของโครงสร้างทางธรณีวิทยาของที่ราบสูงโคราช.....	4
2	แผนที่ธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย .....	5
3	คำอธิบายแผนที่ธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย .....	6
4	ลักษณะของการลำดับชั้นหินของชุดหิน โคราช .....	7
5	ระยะ Pillow stage ของการเกิด โครงสร้างของเกลือหิน .....	10
6	ระยะ Diapir stage ของการเกิด โครงสร้างของเกลือหิน .....	10
7	ระยะ Post diapir stage ของการเกิด โครงสร้างของเกลือหิน .....	11
8	ความสัมพันธ์ของน้ำใต้ดินกับการละลายและตกตะกอนของเกลือ.....	13
9	องค์ประกอบของการรับรู้จากระยะไกล.....	15
10	ลักษณะของความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า .....	16
11	โคจรแกรมของช่วงคลื่น Visible และ Infrared และแถบความยาวคลื่น ที่บันทึกโดยระบบของ Remote sensing .....	16
12	ปฏิกิริยาเบื้องต้นระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุบนพื้นผิวโลก .....	17
13	ลักษณะการสะท้อนของพลังงานที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน (Spectral reflectance curve) ของพืชพรรณ ดิน และน้ำ .....	18
14	ลักษณะของการสะท้อนของพลังงานที่ความยาวช่วงคลื่นต่าง ๆ กัน ของหินชนิดต่าง ๆ.....	19
15	การสะท้อนของพลังงานในช่วงคลื่นต่าง ๆ ของดินที่มีระดับความชื้นต่าง ๆ กัน .....	20
16	การเปลี่ยนแปลงการวางตัวทางธรณีวิทยาโครงสร้างของหินยุค Mesozoic ที่แปลความหมายได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 .....	23
17	การจัดวางการสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏแบบซลิมเบอร์เจอร์.....	27
18	ตำแหน่งของจุดสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้าในแนวตั้ง (VES) จำนวน 18 จุด บริเวณ อ. คง จ. นครราชสีมา.....	29
19	แนวเส้นทางการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับ.....	31
20	ลักษณะของการแผ่กระจายตัวของเกลือหินชั้นบนและระดับความลึก หรือ สูงกว่า (เมตร) จากระดับน้ำทะเลและตำแหน่งของหลุมเจาะแร่โปแตช ที่ใช้ในการศึกษา.....	33
21	หลุมยุบที่เกิดบริเวณรอยแตกของหินที่สังเกตเห็นได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม และสภาพภูมิประเทศจริง บริเวณบ้านเก่า อ. โนนแดง จ. นครราชสีมา.....	35



22	หลุมขุบที่เกิดบริเวณใกล้แม่น้ำที่สังเกตเห็นได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม และสภาพภูมิประเทศจริง บริเวณบ้านหนองโก อ. คอนสวรรค์ จ. ชัยภูมิ .....	35
23	หลุมขุบที่เกิดบริเวณต้นน้ำ ลำธาร ที่สังเกตเห็นได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม และสภาพภูมิประเทศจริง บริเวณบ้าน โคนสว่าง อ. บัวใหญ่ จ. นครราชสีมา.....	36
24	แนวของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นที่ขีดทับลงไปบนภาพถ่าย จากดาวเทียมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นและความยาวรวม ของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นในพื้นที่ศึกษา.....	37
25	แผนที่แสดงความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรง ตามความยาวรวมในหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ได้จากการวิเคราะห์จาก ภาพถ่ายจากดาวเทียม.....	38
26	แผนที่แสดงความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรง ตามความถี่ของการตัดกันของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรง ในหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ได้จากการวิเคราะห์จากภาพถ่ายจากดาวเทียม .....	39
27	ภาพตัดขวางแสดงลักษณะของการวางตัวของชั้นหินในแนวสำรวจ วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในแนวคิ่งในบริเวณพื้นที่ อ. คง จ. นครราชสีมา .....	40
28	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 1 อ. คง จ. นครราชสีมา .....	41
29	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 2 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	42
30	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 3 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	43
31	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 4 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	44
32	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 5 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	45
33	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 6 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	46
34	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 7 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	47
35	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 8 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	48
36	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 9 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	49
37	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 10 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	50
38	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 11 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	51
39	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 12 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	52
40	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 13 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	53
41	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 14 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	54
42	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 15 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	55
43	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 16 อ. คง จ. นครราชสีมา.....	56

44	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 17 อ. คง จ. นครราชสีมา.....57
45	ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 18 อ. คง จ. นครราชสีมา.....58
46	Seismic time section บริเวณพื้นที่ บ้านหนองพรานปาน อ. คง จ. นครราชสีมา.....60

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเกิดแผ่นดินทรุด (Land subsidence) จะทำให้เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้างทั้งทางด้านวิศวกรรม เกษตรกรรมและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในภาคอีสานสันนิษฐานว่าอาจจะเกิดมาจากการที่เกลือหิน (Rock salt) ที่รองรับอยู่ด้านใต้ของชั้นดินหรือชั้นหินในบริเวณภาคอีสานนี้เกิดการละลายและอาจจะเคลื่อนที่ไปที่อื่น ทำให้พื้นดินบริเวณที่มีการละลายของเกลือหินนี้ไม่มีอะไรรองรับด้านล่างจึงเกิดการทรุดตัวขึ้น โดยเฉพาะบริเวณที่มีการทำเหมืองเกลือกันมาก เหมืองขนาดใหญ่ หรือเหมืองที่มีการจัดการทางวิศวกรรมไม่ดี บริเวณที่เกิดการทรุดตัวของแผ่นดินมักจะเกิดเป็นบริเวณกว้างในลักษณะเป็นวงกลม วงรี หรือครึ่งวงกลม ซึ่งสามารถเห็นได้โดยภาพถ่ายจากดาวเทียมถ้าบริเวณที่เกิดการทรุดตัวนั้นมีขนาดใหญ่ นอกจากนั้นยังพบว่าการเกิดการละลายของเกลือหิน (Rock salts) โดยธรรมชาตินั้นมีความสัมพันธ์กันกับรอยแตก (Fractures) ของหินอีกด้วย ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะได้พิจารณาถึงแนวรอยแตกของหินที่สามารถตรวจพบได้จากการพิจารณาภาพถ่ายจากดาวเทียมประกอบกันกับการเข้าสำรวจในภาคสนามทั้งการสำรวจทางธรณีวิทยา (Geological survey) และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ (Geophysical survey) เพื่อที่จะคาดการณ์แนวของการทรุดตัวของแผ่นดินที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ศึกษาลักษณะของบริเวณที่มีการทรุดตัวของดิน โดยภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการแปลความหมายในบริเวณที่คาดว่าจะมีการเกิดการทรุดตัวของดินในบริเวณอื่นได้ รวมทั้งจัดจำแนกบริเวณที่คาดว่าจะเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินได้ตามระดับของความเสี่ยงต่อการเกิดการทรุดตัว

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาภาพถ่ายจากดาวเทียมบริเวณจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ และบางส่วนของจังหวัดบุรีรัมย์ มหาสารคาม และจังหวัดขอนแก่น และเข้าทำการสำรวจในภาคสนามเฉพาะบริเวณที่มีการ

เกิดแผ่นดินไหวและมีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวสูงที่ตรวจพบได้จากการพิจารณาจากภาพถ่ายจากดาวเทียมและในการสำรวจธรณีฟิสิกส์ซึ่งประกอบด้วย การสำรวจด้านความต้านทานไฟฟ้าในแนวตั้งและการสำรวจด้านคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับนั้น จะทำการสำรวจเฉพาะในบริเวณพื้นที่ อ. คง จ. นครราชสีมา เท่านั้น

#### 1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยจะเป็นไปในลักษณะของการศึกษาภาพถ่ายจากดาวเทียมประกอบกันกับการเข้าสำรวจในภาคสนามซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนแรกจะทำการศึกษาข้อมูลด้านธรณีวิทยาของชั้นหินและชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจากผลงานวิจัยที่มีผู้ศึกษามาแล้ว โดยจะเน้นที่ความหนา ระดับความลึก และการแผ่กระจายตัวของชั้นหิน และชั้นเกลือหิน

ขั้นตอนที่สองจะศึกษาลักษณะของบริเวณที่มีการเกิดแผ่นดินไหว โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยจะทำการศึกษาจากผลงานวิจัยที่มีผู้ศึกษามาแล้วประกอบกันกับการวิเคราะห์รูปแบบและแนวโน้มของการเกิดแผ่นดินไหวในลักษณะใหม่ ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ร่วมกันกับการวิเคราะห์ทางด้านธรณีวิทยาโครงสร้าง

ขั้นตอนที่สามจะทำการเข้าสำรวจในภาคสนามเพื่อตรวจสอบร่องรอยของแผ่นดินไหว ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลทางธรณีวิทยาเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการทรุดตัวและในขั้นตอนนี้จะดำเนินการสำรวจทางด้านธรณีฟิสิกส์ควบคู่กันไป โดยใช้วิธีการสำรวจทางด้านความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity survey) และการสำรวจทางด้านคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับ (Seismic reflection survey) เพื่อประกอบกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏของหินที่พื้นผิวกับโครงสร้างและการวางตัวของชั้นหิน และชั้นเกลือหินที่อยู่ใต้ดิน (Subsurface structures)

ขั้นตอนที่สี่จะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการแปลความหมายลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้าง โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมกับผลที่ได้จากการแปลความหมายจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามทั้งจากการสำรวจทางธรณีวิทยา และทางธรณีฟิสิกส์

ในขั้นตอนสุดท้ายจะทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของหินที่ปรากฏอยู่บนพื้นผิว (Surface features) ที่เห็นได้บนภาพถ่ายจากดาวเทียมกับโครงสร้างและการวางตัวของชั้นหินที่อยู่ใต้ผิวดิน (Subsurface structures) เพื่อที่จะได้นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดจำแนกและทำนายบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวตามระดับของความรุนแรงต่อไป

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

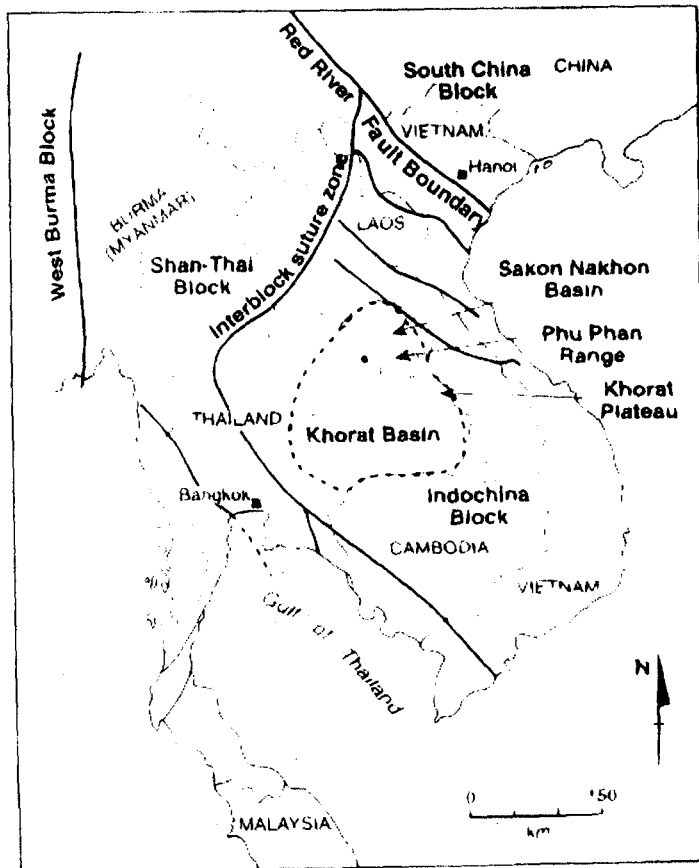
สามารถตรวจพบบริเวณที่คาดว่าจะเกิดการทรุดตัวของดินในบริเวณภาคอีสานตอนล่างได้โดยผลการวิจัยจะนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยหน่วยงานราชการ เช่น กรมชลประทาน กรมโยธาธิการ กรมที่ดิน หรือภาคเอกชนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาที่ดิน งานก่อสร้างต่าง ๆ ในการวางแผนการพัฒนาพื้นที่ในภูมิภาคนี้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุดและหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการทรุดตัวของแผ่นดินได้ รวมไปถึงบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ในบริเวณเสี่ยงต่อการทรุดตัวนี้ด้วย

### 1.6 ธรณีวิทยาและธรณีวิทยาโครงสร้างทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

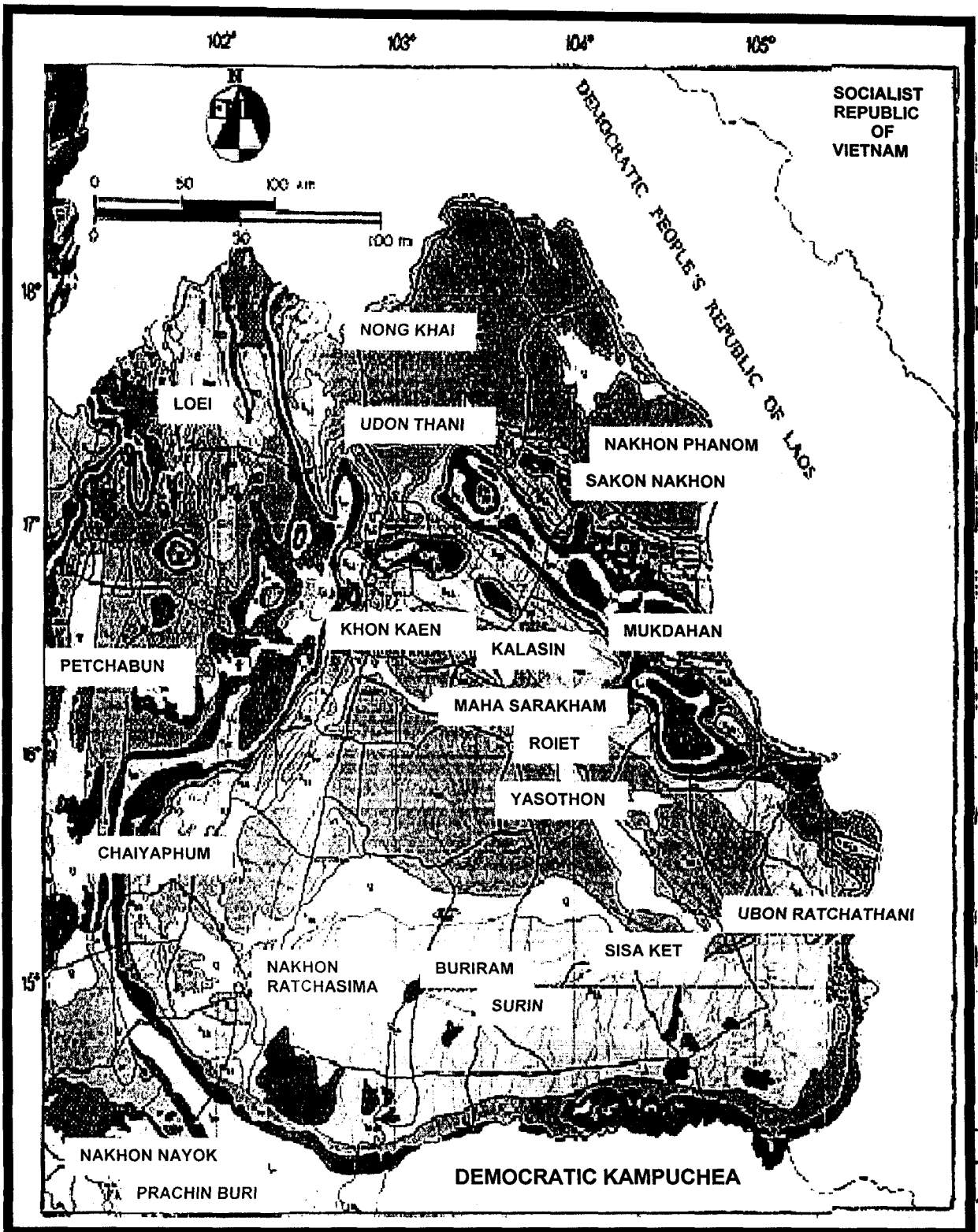
ที่ราบสูงโคราช (The Khorat Plateau) มีสภาพเป็นชั้นหินโค้งรูปประทุนหงายลูกฟูกขนาดใหญ่ (Broad synclorium) วางตัวอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 14 และ 19 N และระหว่างเส้นลองจิจูดที่ 101 และ 106 E ทางตอนเหนือติดกับประเทศลาว ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือติดกับประเทศกัมพูชา โครงสร้างทางธรณีวิทยา (Geological Structures) ของที่ราบสูงโคราชมีรูปร่างเป็นแอ่งโครงสร้าง (Structural Basin) ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นแอ่งย่อยอีก 2 แอ่ง โดยแนวของเทือกเขาภูพาน (Phuphan Ridge) คือ แอ่งสกลนคร (Sakon Nakhon Basin) ทางตอนเหนือ มีพื้นที่ประมาณ 21,000 ตารางกิโลเมตร และแอ่งโคราช (Khorat Basin) ทางตอนใต้ ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 36,000 ตารางกิโลเมตร ลักษณะของโครงสร้างทางธรณีวิทยาของที่ราบสูงโคราสดังแสดงไว้ในรูปที่ 1 และแผนที่ธรณีวิทยาและคำอธิบายของที่ราบสูงโคราชแสดงไว้ในรูปที่ 2 และรูปที่ 3 ตามลำดับ

ที่ราบสูงโคราชประกอบด้วยชั้นหินตะกอนที่เรียกกันว่าหินชุดโคราช (Khorat Group) ที่ตกตะกอนทับถมมีอายุจากช่วงไทรแอสสิกถึงครีเตเชียส (Triassic – Cretaceous) ลักษณะของชั้นหินโดยทั่วไปในพื้นที่แสดงไว้ในรูปที่ 4 การตกตะกอนของที่ราบสูงโคราชทำให้เกิดหินชุดโคราชเป็นภาคพื้นทวีปขนาดใหญ่ (Mesozoic continental deposit) แผ่ขยายตัวไปถึงตอนกลางของประเทศลาว กัมพูชา ด้านตะวันตกของเวียดนาม ภาคอีสานและภาคเหนือของไทย รวมไปถึงมณฑลเสฉวนทางตอนใต้ของจีน

ชุดหินโคราชแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มชั้น คือ กลุ่มหินชั้นบน กลุ่มหินชั้นกลาง และกลุ่มหินชั้นล่าง แต่ละกลุ่มก็มีลักษณะเฉพาะตัวของตัวเอง โดยที่กลุ่มหินชุดโคราชชั้นล่างประกอบด้วย หินทรายสีแดง (Red sandstone) หินทรายแป้ง (Silt) หินกรวดมน (Conglomerate) ยุคไตรแอสสิก (Triassic) ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยหินภูกระดึง (Phu Kradung Formation) และหน่วยหินน้ำพอง (Nam Phong Formation) มีความหนารวมทั้งสิ้น 2,465 เมตร ชุดหินโคราชตอนกลางประกอบด้วย หินทรายสีแดงและสีเทา (Red and Gray Sandstone) และหินทรายแป้ง มีความหนารวมทั้งสิ้น 590 เมตร มีอายุอยู่ในยุคจูแรสสิก (Jurassic) จำแนกย่อยออกได้เป็นหน่วยหินภูพาน (Phu Phan Formation) หน่วยหินเสาขัว (Sao Krua Formation) หน่วยหินพระวิหาร (Phra Wiharn Formation) และหินชุดโคราชตอนบน ซึ่งประกอบไปด้วยหินตะกอนยุคครีเตเชียส (Cretaceous) ซึ่งแบ่งย่อยออกได้เป็นหน่วยหินมหาสารคาม (Mahasarakam Formation) และหน่วยหินโคกกรวด (Khok Kruat Formation) โดยที่หน่วยหินมหาสารคามประกอบไปด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน กะลือหิน และยิปซัม รวมกันมีความหนาประมาณ 700 เมตร ในขณะที่หน่วยหินโคกกรวดซึ่งอยู่ด้านบนสุดของชุดหินโคราชจะประกอบไปด้วยหินทราย หินทรายแป้ง และหินดินดาน แต่ไม่มีกะลือหินแต่อาจจะพบกะลือที่เกิดเป็นคราบตามผิวดินได้



รูปที่ 1 ลักษณะของโครงสร้างทางธรณีวิทยาของที่ราบสูงโคราช (คัดลอกจาก Mouret , 1994)



รูปที่ 2 แผนที่ธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

## LEGEND SEDIMENTARY AND METAMORPHIC ROCK

**Lithology                      Lithologic Units                      Geological Time**

	Alluvium plain; sand, silt, clay	—	HOLOCENE
	Low terraces; sand, silt, lateritic soil	---	PLEISTOCENE-HOLOCENE
	High terraces; gravel, sand, silt, laterite	Mae Tang Formation	PLEISTOCENE
	Siltstone, shale, sandstone	Maha Sarakham Formation	} CRETACEOUS
	Siltstone, sandstone, shale, lime conglomerate	Khok Kruat Formation	
	Conglomeratic sandstone, conglomerate, sandstone	Phu Phan Formation	
	Siltstone, sandstone, shale, lime conglomerate	Sao Khua Formation	} JURASSIC
	Sandstone, conglomeratic sandstone, siltstone	Phra Wihan Formation	
	Siltstone, sandstone, shale, conglomerate	Phu Kradung Formation	
	Siltstone, sandstone, conglomerate	Phu Kradung-Sao Khua Formation (undifferentiated)	
	Conglomerate, sandstone, shale, limestone	Huai Hin Lat-Nam Phong Formation	
	Sandstone, shale, mudstone (Undifferentiated Permian-Triassic)		PERMIAN-TRIASSIC
	Sandstone, shale, limestone	Saraburi Group	PERMIAN
	Volcanic conglomerate, sandstone, shale, limestone	Phrae Formation	CARBONIFEROUS-PERMIAN
	Shale, limestone, sandstone, conglomerate	Wang Saphung Formation	CARBONIFEROUS
	Shale, limestone lens, chert, phyllite, quartzite, schist	Pak Chom Formation	SILURIAN-DEVONIAN

### IGNEOUS ROCK

	Basalt		CENOZOIC
	Andesite, rhyolite, buff, agglomerate		PERMIAN-JURASSIC
	Granite, granodiorite, diorite		CARBONIFEROUS-CRETACEOUS

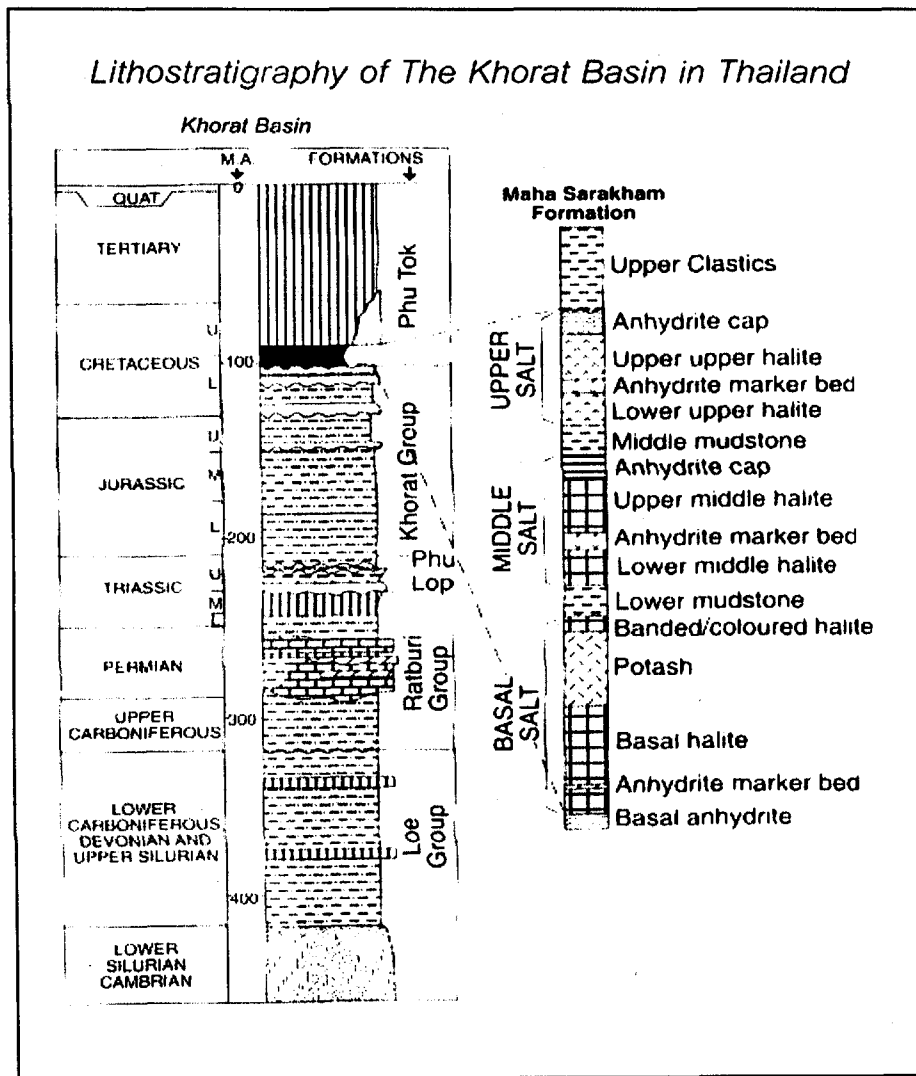
### SYMBOLS

	Geological boundary
	Fault
	Anticline
	Syncline
	Railroad
	Road
	Stream
	Reservoir

รูปที่ 3 คำอธิบายแผนที่ธรณีวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย



สำหรับเกลือหิน (Rock salts) ที่พบในบริเวณที่ราบสูงโคราชจะพบอยู่ในหน่วยหินมหาสารคาม ซึ่งจะมีการตกตะกอนแบ่งออกได้เป็น 3 วัฏจักร ก่อให้เกิดชั้นของเกลือ (Salt bed) ชั้นของแอนไฮไดรต์ (Anhydrite bed) และชั้นหินดินดานสีแดง (Reddish clay bed) โดยที่ชั้นเกลือหินจะแบ่งย่อยออกเป็น 3 ชั้นย่อยได้อีกตามลักษณะทางเคมีของเกลือได้เป็น ชั้นเกลือชุดล่าง (Lower salt bed) มีความหนาประมาณ 450 เมตร) ชั้นเกลือชุดกลาง (Middle salt bed) มีความหนาประมาณ 111 เมตร) และชั้นเกลือชุดบน (Upper salt bed) มีความหนาประมาณ 65 เมตร ลักษณะการวางตัวของเกลือหินทั้งสามชั้นดังแสดงไว้ในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงลักษณะของการลำดับชั้นหินของชุดหินโคราช (คัดลอกจาก Suwanich, 1986)

นเรศ สัตยารักษ์ และคณะ (2530) ได้ระบุว่าชั้นเกลือหินใต้ดินในแอ่งสกลนครและแอ่งโคราชโดยทั่วไปจะอยู่ลึกไม่เกิน 1,000 เมตร จากระดับผิวดิน ชั้นเกลือหินเหล่านี้จะมีลักษณะแบ่งตามรูปร่างได้เป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ พวกที่มีลักษณะเป็นชั้น พวกที่มีลักษณะเป็นโดมเกลือ และพวกที่มีลักษณะเป็นชั้นเกลือหินคดโค้งแทรกดัน

1. พวกที่มีลักษณะเป็นชั้น แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะย่อยได้อีก คือ พวกที่มีลักษณะการวางตัวในแนวราบระดับตื้น พวกที่มีลักษณะวางตัวแนวราบระดับลึก และพวกที่วางตัวในลักษณะเอียงเท
  - 1.1 พวกที่มีลักษณะการวางตัวแนวราบในระดับตื้น ส่วนบนสุดของชั้นเกลือหินนี้จะอยู่ไม่ลึกจากระดับผิวดินมากนัก โดยทั่วไปจะลึกจากผิวดินประมาณ 70-170 เมตร อาจจะมีชั้นเกลือหินครบทั้ง 3 ชั้น หรือมีเฉพาะแค่ชั้นกลางกับชั้นล่าง แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีเกลือหินชั้นล่างอยู่เพียงชั้นเดียว เกลือหินชั้นกลางและชั้นบนได้โดนกัดเซาะหายไป
  - 1.2 พวกที่มีลักษณะการวางตัวแนวราบในระดับลึก ชั้นเกลือหินจะวางตัวอยู่ในระดับลึกจากผิวดินประมาณ 550-700 เมตร โดยมีชั้นเกลือหินครบทั้ง 3 ชั้น และจะวางตัวในแนวเกือบระดับระนาบ
  - 1.3 พวกที่วางตัวในลักษณะเอียงเท ชั้นเกลือหินจะวางตัวเอียงเททำมุมกับชั้นหินที่ปิดทับอยู่ข้างบน โดยส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของชั้นเกลือหินที่อยู่ตื้นจะถูกกัดเซาะหายไป
2. โดมเกลือหิน เป็นเกลือหินที่แทรกตัวขึ้นในลักษณะทั้งแบบที่มีรูปร่างคล้ายหมอน (Pillow structures) และพวกที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ยอดของโดมมีทั้งอยู่ที่ในระดับตื้นไม่เกิน 10 เมตร และในระดับลึกกว่า 500 เมตร จากผิวดิน โดมเกลือหินเหล่านี้มักจะพบบริเวณกลางแอ่ง ซึ่งมักจะปรากฏเป็นพื้นที่ของการผลิตเกลือสินเธาว์ โดยที่เกลือหินนี้เมื่อปูดขึ้นมาอยู่ใกล้ผิวดินมักจะทำให้ระดับผิวดินบริเวณนั้นต่ำกว่าบริเวณใกล้เคียงหรือมีลักษณะเป็นที่ลุ่มซึ่งเกิดจากการที่น้ำใต้ดินได้ละลายเอาเกลือหินส่วนที่ปูดขึ้นมาใกล้ผิวดินออกไปทำให้เกิดการทรุดตัวลงไปของชั้นดินและหินที่อยู่ด้านบนซึ่งเป็นสาเหตุใหญ่ของการเกิดการทรุดตัวของชั้นดินและหินในบริเวณแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร
3. ชั้นเกลือหินคดโค้งแทรกดัน ชั้นหินต่าง ๆ ของหมวดหินมหาสารคามได้มีการคดโค้งตัวทำให้ชั้นเกลือหินถูกดันให้พุ่งขึ้นมาใกล้กับผิวดินและอยู่ลึกลงไป ส่วนที่อยู่ใกล้ผิวดินจะถูกทำลายโดยการกัดเซาะของน้ำบาดาลและน้ำผิวดินทำให้เห็นเป็นคราบเกลือได้บริเวณผิวดิน

จากการศึกษาข้อมูลการวัดคลื่นไหวสะเทือนของ นเรศ สัตยารักษ์และคณะ (2530) ได้อธิบายการเกิดของโดมเกลือไว้ว่าเกิดขึ้นภายหลังการสะสมตัวของหมวดหินภูทอกซึ่งเป็นหินทรายสีแสดอิฐวางตัวอยู่บนหมวดหินมหาสารคามอีกทีหนึ่ง โดยที่กระบวนการแปรสัณฐานของชั้นเกลือหินนั้นเกิดขึ้นตลอดตั้งแต่เริ่มมีการสะสมตัวของชั้นเกลือ จากคุณสมบัติของเกลือหินที่เป็นพลาสติกและไหล

เคลื่อนตัวได้ง่ายเมื่อได้รับแรงกระทำในชั้นแรกซึ่งได้แก่แรงกดดันเนื่องมาจากน้ำหนักของชั้นดินชั้น หินข้างบนทำให้เกิดหินชั้นล่างพร้อมที่จะแทรกตัวดันขึ้นมา ต่อจากนั้นผลจากการปรับตัวของโครงสร้างของชั้นหินในภาคอีสานเนื่องจากการเคลื่อนตัวเข้ามาเชื่อมตัวกันของทวีปอินเดียและทวีปเอเชีย ทำให้เกิดการยกตัว การคดโค้ง รอยเลื่อน รอยแตก ขึ้นมากมายในหมวดหินมหาสารคามและหมวด หินภูทอกทำให้ชั้นเกลือหินถูกยกตัวและไหลเข้าแทรกตามรอยแตก และบางส่วนปลุกขึ้นแทรกดันตัว ขึ้นมาเป็นโดมเกลือรูปหมอนในเวลาต่อมา

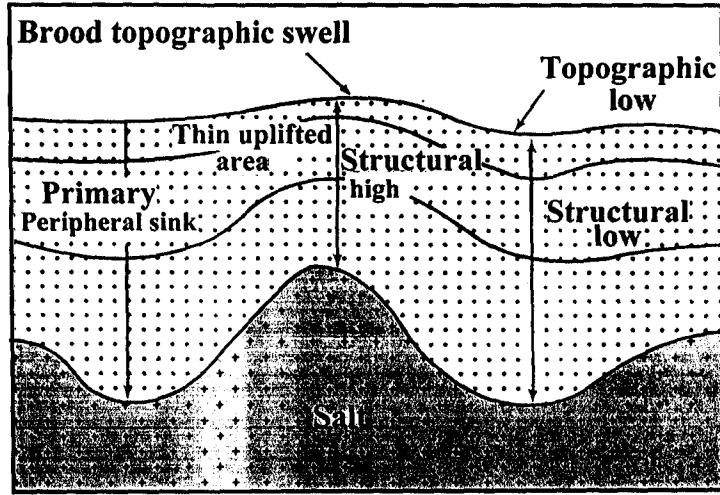
Seni and Jackson (1983) ได้จัดแบ่งกระบวนการของการเกิดโดมเกลือไว้ใน 3 ระยะ ซึ่ง ประกอบด้วย

1. Pillow stage
2. Diapir stage
3. Post diapir stage

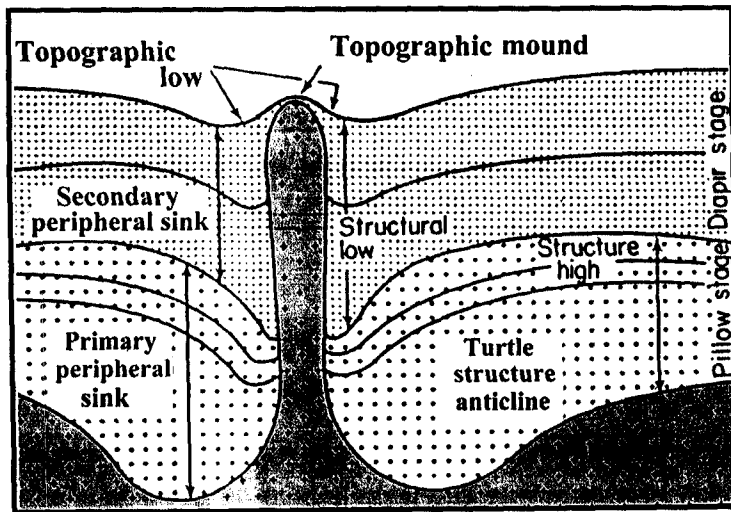
ในชั้น Pillow stage นี้เป็นระยะแรกสุดของการเกิดโครงสร้างในลักษณะต่าง ๆ ของเกลือหิน เป็นระยะที่ยังไม่มีการแทรกตัวดันมาของเกลือที่อยู่ด้านล่างชั้นหินตะกอน เกิดขึ้นเมื่อชั้นตะกอนและ ชั้นเกลือได้รับแรงบีบ หรือแรงอัดทำให้ชั้นหินตะกอนและชั้นเกลือมีการ โกงตัวและเกิดการคด โค้ง ตัวขึ้นพร้อม ๆ กัน ลักษณะของระยะ Pillow stage ดังแสดงในรูปที่ 5

ต่อมาในระยะ Diapir stage เป็นระยะที่ชั้นเกลือหินมีสภาพเป็นพลาสติกมากขึ้นและมีการ แทรกดันตัวในลักษณะเป็นลำขึ้นมาผ่านชั้นหินตะกอนที่อยู่ด้านบนจนขึ้นมาเกือบถึงที่ระดับผิวดิน และทำให้เกิดโครงสร้างคล้ายหลังเต่าในหินที่อยู่ข้างเคียงขึ้น ลักษณะของระยะ Diapir stage ดังแสดง ในรูปที่ 6

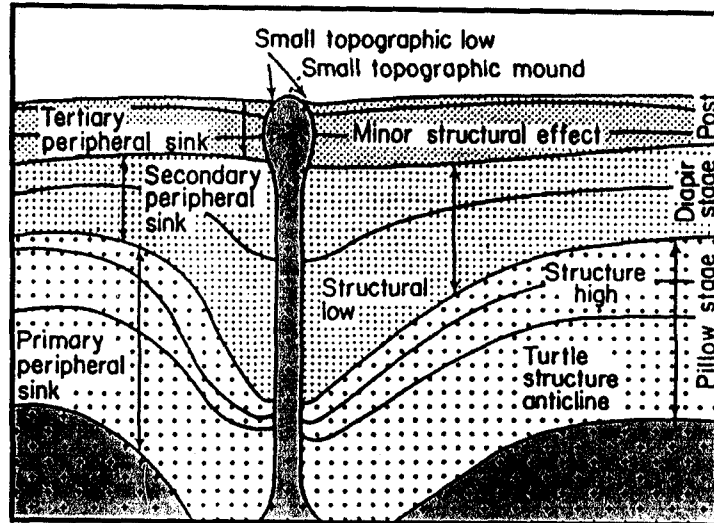
ต่อมาเมื่อชั้นเกลือหินแทรกตัวดันมาเป็นลำแล้วก็จะพยายามวางตัวแทรกไปตามแนวระนาบ หรือตามช่องว่างระหว่างชั้นหินตะกอนและชั้นดินชั้นหินตะกอนต่าง ๆ ที่ถูกเกลือแทรกตัวดันมา แทนที่จะจมตัวลงไปแทนที่เกลือที่ดันตัวขึ้นไปในระยะนี้จัดเป็นระยะที่เรียกว่า Post diapir stage ดัง แสดงไว้ในรูปที่ 7



รูปที่ 5 ระยะ Pillow stage ของการเกิด โครงสร้างของเกลือหิน (คัดลอกจาก Seni and Jackson, 1983)



รูปที่ 6 ระยะ Diapir stage ของการเกิด โครงสร้างของเกลือหิน (คัดลอกจาก Seni and Jackson, 1983)



รูปที่ 7 ระยะเวลา Post diapir stage ของการเกิด โครงสร้างของเกลือหิน (คัดลอกจาก Seni and Jackson, 1983)

### 1.7 กระบวนการและปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำให้เกิดการทรุดตัวของแผ่นดิน

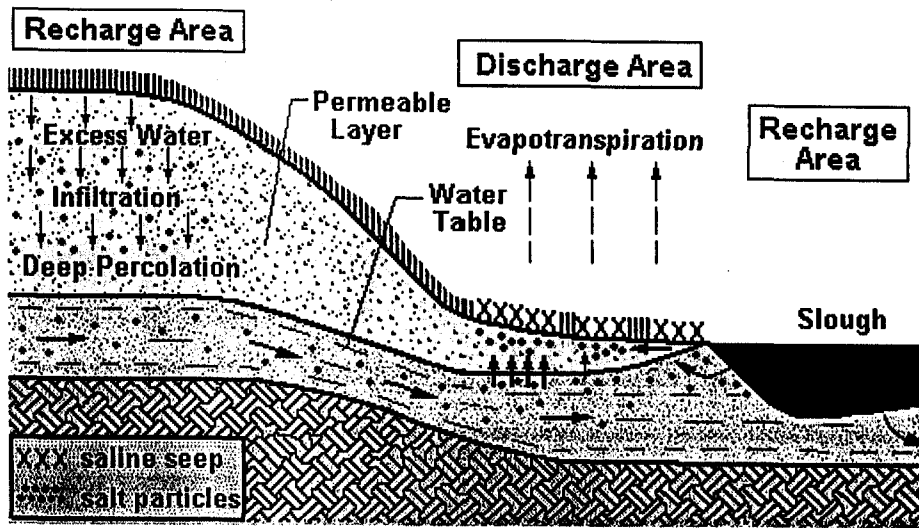
การเกิดแผ่นดินทรุด (Land subsidence) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นที่ระดับใกล้ผิวดินและที่พื้นผิวดิน โดยจัดเป็นระยะสุดท้ายของกระบวนการเคลื่อนที่ภายใต้ผิวดินของชั้นดินและหินต่าง ๆ โดยที่บางครั้งหลักฐานของการเกิดกระบวนการทรุดตัวดังกล่าวอาจจะอยู่ในพื้นที่ไกลออกไปจากจุดที่มีกระบวนการเคลื่อนที่ของมวลดินหรือหินอยู่ก็ได้ กระบวนการที่ทำให้เกิดการทรุดตัวอาจจะมาจากหลายกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่และลดลงของมวลดินหรือหินที่อยู่ด้านล่างของบริเวณที่จะเกิดการทรุดตัว เช่น การละลาย การกัดเซาะภายใต้ผิวดิน การไหลหรือเคลื่อนที่ของวัสดุที่ละลายน้ำได้ในลักษณะไปทางด้านข้าง การอัดตัวของหินหรือดิน หรืออาจเกิดจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกก็ได้ นอกจากนี้การเกิดการทรุดตัวของดินจะมีความรุนแรงหรือเกิดได้รวดเร็วขึ้นเมื่อมีแรงกระตุ้นหรือได้รับอิทธิพลจากกิจกรรมทางด้านวิศวกรรมของมนุษย์ เช่น การขุดเจาะเพื่อการทำเหมือง การชลประทาน บ่อน้ำบาดาล หรืออาจเกิดจากน้ำหนักที่กดทับด้านบนเพิ่มมากขึ้น เช่น จากเขื่อนฝาย อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

หินหรือแร่บางชนิดที่สามารถละลายน้ำได้ เช่น เกลือ (Salt) ยิปซัม (Gypsum) หินปูน (Carbonate rocks) เมื่ออยู่ใต้ผิวดินจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทรุดตัวของผิวดินในระดับของความรุนแรงที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลาย และคุณสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ของหินหรือแร่แต่ละชนิด โดยเฉพาะเกลือหินที่พบมากในหน่วยหินมหาสารคามในภาคอีสาน โดยที่การละลายและเคลื่อนตัวของเกลือหินเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กันกับระบบน้ำบาดาลทั้งกับระดับความลึก การแผ่กระจายตัวของชั้นน้ำและทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำบาดาลโดยตรง โดยที่หลักฐานอย่างหนึ่งที่บอกรับได้ถึงการทรุดตัวของแผ่นดินจะดูได้จากการที่มีการขุดตัวของระดับแผ่นดินจากบริเวณรอบด้านแล้วเกิดเป็นทะเลสาปหรือพื้นที่ลุ่มน้ำและมีทราบเกลือปรากฏอยู่ตามขอบ ๆ ของพื้นที่ทะเลสาปหรือพื้นที่ลุ่มน้ำดังกล่าว ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบาดาลและการละลายของเกลือดังแสดงในรูปที่ 8

Allen (1969) เชื่อว่าจะต้องมีเงื่อนไข 3 ประการที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการทรุดตัวของดินและการกัดเซาะและพัฒนาเอาเกลือละลายออกไปจากที่เดิมภายใต้ผิวดินดังกล่าว ได้แก่

1. ชั้นวัสดุ ซึ่งอาจเป็นดินหรือแร่ที่สามารถถูกละลายและกัดเซาะออกไปได้นั้นต้องมีชั้นหินที่แข็งแรงและคงทนพอสมควรวางตัวอยู่ด้านบน อย่างน้อยก็พอที่จะฟอร์มตัวขึ้นเป็นหลังคา (Roof) ชั่วคราวของช่องทางเดินของน้ำใต้ดินได้
2. น้ำใต้ดินต้องมีมากพอที่จะพัฒนาเอาตะกอนของวัสดุชั้น ๆ เคลื่อนที่ไปได้
3. ที่ปลายทางของทางน้ำใต้ดินนี้ต้องมีทางให้วัสดุ หรือตะกอนมีช่องทางออกไปด้านนอกได้

น้ำหนักที่กดทับอยู่ด้านบนของดินหรือหินก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการเกิดการทรุดตัวของดินได้เนื่องจากเมื่อมีการละลายของเกลือหรือวัสดุที่ละลายน้ำได้ออกไปทำให้เกิดช่องว่างขึ้นภายในชั้นดินทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักในบริเวณนั้นมีค่าน้อยลง เมื่อมีน้ำหนักกดทับมากขึ้นอาจเนื่องมาจากสิ่งก่อสร้างที่อยู่ด้านบน เช่น อาคารขนาดใหญ่ อ่างเก็บน้ำ เขื่อน ฯลฯ ก็จะทำให้ชั้นดินด้านล่างไม่สามารถรองรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนี้ได้ก็จะพังทลายลงมา



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ของน้ำใต้ดินกับการละลายและตกตะกอนของเกลือ

## บทที่ 2

### วิธีวิจัย

#### 2.1 การวิเคราะห์และแปลความหมายจากภาพถ่ายจากดาวเทียม

การแปลความหมายทางธรณีวิทยาจากภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยอาศัยหลักการของการรับรู้จากระยะไกล (Remote sensing) เป็นการแปลความหมายที่รวดเร็ว ประหยัดค่าใช้จ่ายมากเพราะสามารถมองเห็นลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ที่ทำการสำรวจได้อย่างทั่วถึง ตำแหน่งสถานที่ และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในสนามสามารถเขียน และแสดงไว้บนภาพถ่ายได้ ทำให้เห็นความสัมพันธ์ทางธรณีวิทยาได้ชัดเจนขึ้นและทำให้ได้ขอบเขตของงานการสำรวจธรณีวิทยากว้างออกไปและได้ผลงานที่สมบูรณ์มากขึ้นโดยการรับรู้จากระยะไกล (Remote sensing) นั้นคือวิทยาศาสตร์และศิลปะในการหาข่าวสารเกี่ยวกับวัตถุบนพื้นผิวโลก หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลที่บ้านทักด้วยเครื่องมือ โดยไม่ได้สัมผัสกับวัตถุโดยตรง

#### เครื่องมือสำรวจและวิจัย

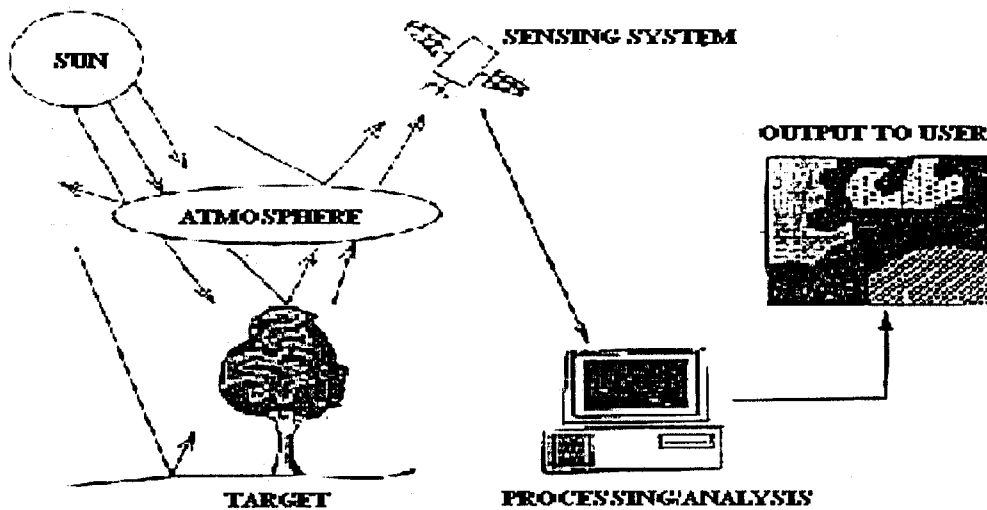
1. โปรแกรม Environmental for Visualizing Images (ENVI)
2. เทปบันทึกแม่เหล็ก
3. ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม บริเวณจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดใกล้เคียงจากดาวเทียม MOMS และ Landsat ดังนี้
  - 3.1 MOMS (May, 1993)
  - 3.2 Landsat 5 TM (April 25, 1994)
  - 3.3 Landsat 5 TM (March 6, 1999)
  - 3.4 Landsat 7 TM (December 6, 1999)
  - 3.5 Landsat 7 TM (February 13, 2000)
  - 3.6 Landsat 7 TM (May 13, 2000)

#### หลักการและรูปแบบการสำรวจ

การได้มาของข้อมูล (Data acquisition) เริ่มจากการที่แหล่งกำเนิดพลังงาน (Energy sources) คือดวงอาทิตย์จะแผ่พลังงานซึ่งอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) มายังพื้นโลก และมี



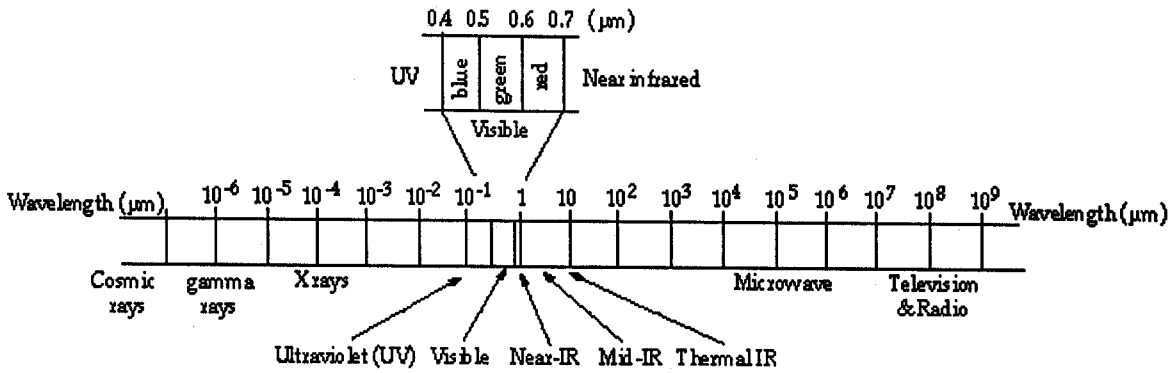
บางส่วนจะมีการสะท้อนกลับขึ้นไปยังดาวเทียม และที่ดาวเทียมก็จะมีระบบบันทึกข้อมูล โดยเก็บค่าพลังงาน การสะท้อน หรือการแผ่รังสีของวัตถุ (Target) บนพื้นผิวโลก และส่งข้อมูลมายังสถานีภาคพื้นดิน เพื่อนำมาผลิตเป็นภาพฟิล์มและเทปคอมพิวเตอร์ เรียกว่า การเก็บบันทึกข้อมูล (Data storage) และสามารถนำข้อมูลที่บันทึกมาใช้ในการจำแนกรายละเอียดต่าง ๆ โดยการแปลและวิเคราะห์ข้อมูล (Data processing) ซึ่งประกอบด้วย การแปลด้วยสายตา (Visual interpretation) และวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital image processing) และสามารถนำข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่ทำการศึกษา (Land information system) มาใช้ประกอบในการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น แผนที่ดิน แผนที่พืชที่เพาะปลูก และรวมไปถึงข้อมูลที่ได้การตรวจสอบภาคพื้นดิน (Ground truth) องค์ประกอบของการรับรู้จากระยะไกลแสดงไว้ในรูปที่ 19



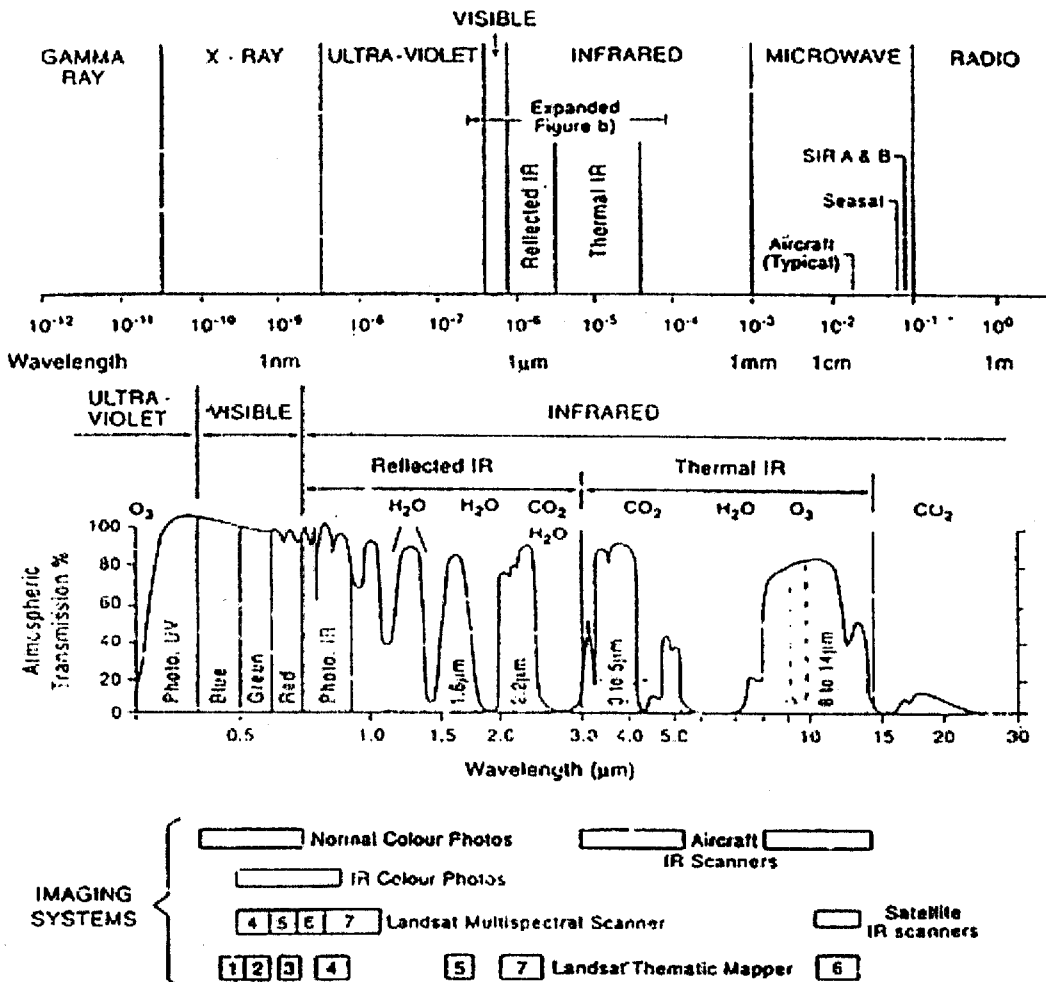
รูปที่ 9 องค์ประกอบของการรับรู้จากระยะไกล

การประยุกต์ใช้การรับรู้จากระยะไกลกับงานสำรวจทางด้านธรณีวิทยาสามารถกระทำได้จากหลักการที่ว่าเมื่อพลังงานที่กำเนิดมาจากดวงอาทิตย์ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่มายังพื้นโลก โดยคลื่นที่มีความยาวคลื่นที่สั้นที่สุด คือ Cosmic-Rays, Gamma-Rays และ X-Rays จะถูกดูดซับไว้ที่ชั้นบรรยากาศ และ Ultraviolet จะถูกดูดซับไว้ที่ชั้นโอโซน ส่วนที่เหลือจะแผ่กระจายมายังวัตถุต่าง ๆ บนพื้นโลก ลักษณะของความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic spectrum) แสดงไว้ในรูปที่ 10 และรูปที่ 11 แสดงไดอะแกรมของช่วงคลื่น Visible และ Infrared และแถบความยาวคลื่นที่บันทึกโดยระบบของ Remote sensing

Electromagnetic Spectrum



รูปที่ 10 ลักษณะของความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) (คัดลอกจาก Gupta, 1991)



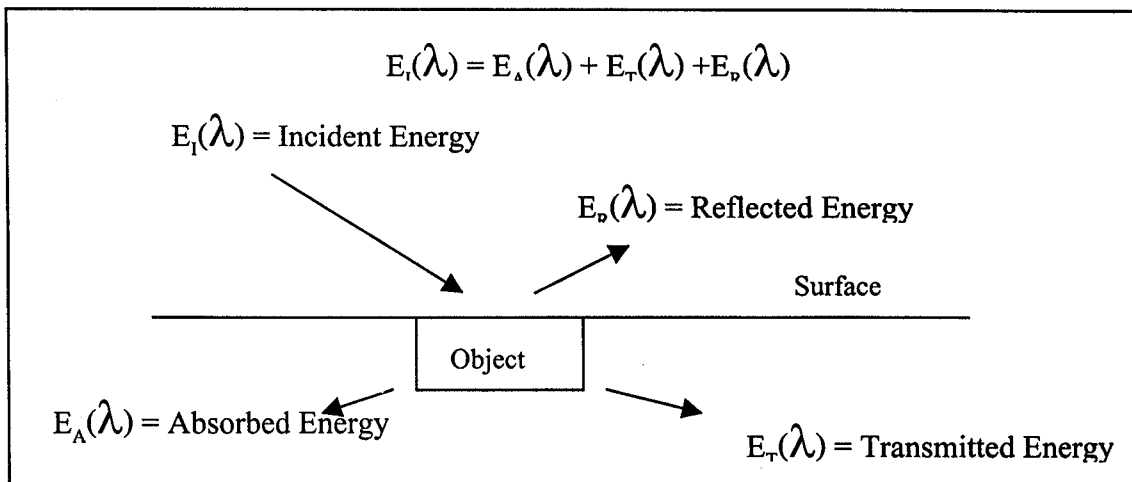
รูปที่ 11 ไคอะแกรมของช่วงคลื่น Visible และ Infrared และแถบความยาวคลื่นที่บันทึกโดยระบบของ Remote Sensing (คัดลอกจาก Sabins, 1987)

เมื่อพลังงานจากดวงอาทิตย์กระทบกับวัตถุบนพื้นโลก จะทำให้เกิดปฏิกิริยา 3 แบบ คือ การดูดกลืน (Absorb) การส่งผ่าน (Transferring) และการสะท้อน (Reflection) โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_i(\lambda) = E_A(\lambda) + E_T(\lambda) + E_R(\lambda)$$

ปฏิกิริยาเบื้องต้นระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุบนผิวโลกแสดงไว้ในรูปที่ 12 โดยสัดส่วนของการเกิดปฏิกิริยาการดูดกลืน การส่งผ่าน และการสะท้อนของพลังงาน จะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการคือ

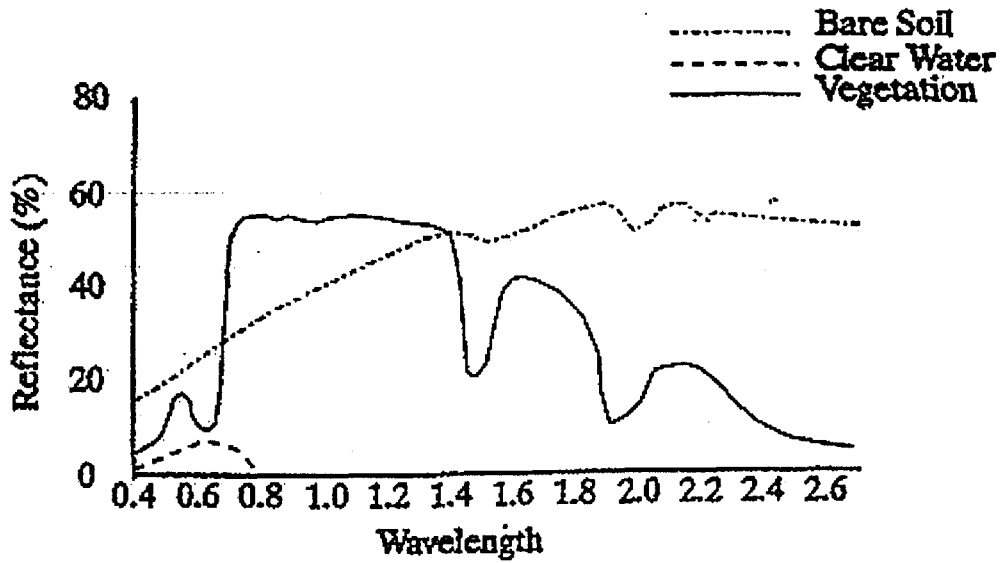
1. คุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุ เช่น องค์ประกอบทางเคมี สี ความขรุขระ
2. ความยาวคลื่นที่แผ่ลงมา



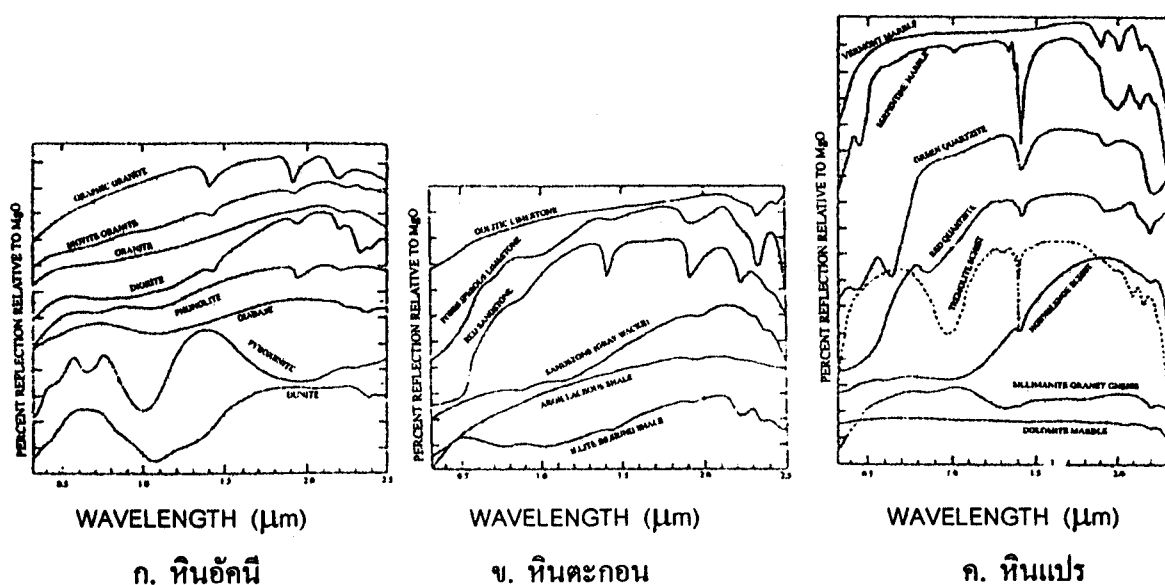
รูปที่ 12 ปฏิกิริยาเบื้องต้นระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุบนพื้นผิวโลก

ดังนั้นจึงสามารถทำนายชนิดของหิน หายอบเขตของหินได้โดยอาศัยหลักการดังกล่าว โดยที่วัตถุ 2 ชนิดอาจจะไม่แตกต่างกันในช่วงคลื่นหนึ่ง แต่จะสามารถแยกความแตกต่างกันได้ในช่วงคลื่นหนึ่ง แต่ในการบันทึกข้อมูลจากพลังงานส่วนใหญ่จะทำการบันทึกข้อมูลของพลังงานการสะท้อน (Reflected energy) หรือคือการบันทึกพลังงานที่สะท้อนมาจากวัตถุแบบ Diffuse Reflectance Properties ณ ช่วงคลื่นหนึ่ง ๆ ที่รับได้ที่ตัวรับสัญญาณ (Sensor) และค่าที่วัดได้นี้จะน้อยหรือมากหรืออาจเปลี่ยนไปก็จะขึ้นอยู่กับสถานะอากาศ มุมดวงอาทิตย์ มุมของตัวรับสัญญาณ คุณสมบัติของวัตถุในการสะท้อน การดูดกลืน การส่งผ่านของพลังงาน และสามารถนำค่าการสะท้อนพลังงานของวัตถุต่าง ๆ (Spectral Reflectance Curve) มาแสดงในรูปของกราฟเพื่อบ่งบอกลักษณะการสะท้อนพลังงานของวัตถุแต่ละชนิดเป็นร้อยละ (Reflectance percent) ดังแสดงในรูปที่ 13 ดังตัว

อย่างในรูปที่ 14 ที่แสดงถึงลักษณะของการสะท้อนพลังงานที่ความยาวช่วงคลื่นต่าง ๆ กัน ของหิน ชนิดต่าง ๆ เพื่อช่วยในการเลือกช่วงความยาวคลื่นในการบันทึกข้อมูลต่อไปและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อ จัดจำแนกรายละเอียดของวัตถุแต่ละชนิดต่อไป

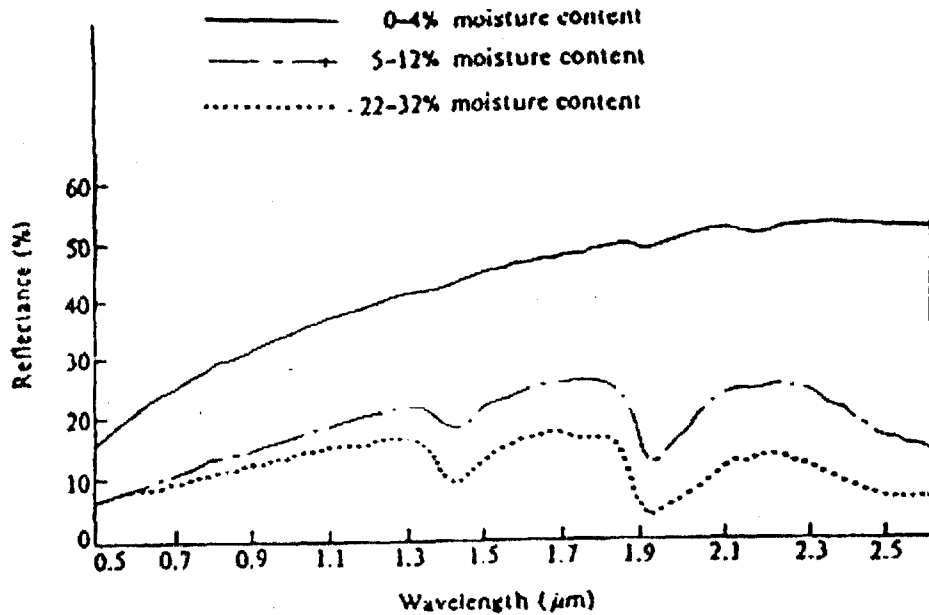


รูปที่ 13 ลักษณะการสะท้อนของพลังงานที่ความยาวช่วงคลื่นต่าง ๆ กัน (Spectral Reflectance Curve) ของพืชพรรณ ดิน และน้ำ (คัดลอกจาก Gupta, 1991)



รูปที่ 14 ลักษณะการสะท้อนของพลังงานที่ความยาวช่วงคลื่นต่างกันของหินชนิดต่าง ๆ  
(คัดลอกจาก Gupta, 1991)

การสะท้อนพลังงานของดินก็จะมีลักษณะที่สามารถสังเกตถึงความแตกต่างได้เช่นกัน โดยปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสะท้อนแสงของดินจะประกอบด้วยความชื้นในดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณเหล็กออกไซด์ ลักษณะของเนื้อดิน และความขรุขระของดิน โดยที่ดินที่มีความชื้นมาก การสะท้อนพลังงานจะลดลงซึ่งมีค่าต่ำสุดอยู่ในช่วงคลื่น 1.4 1.9 และ 2.7  $\mu\text{m}$  นอกจากนี้แล้วเนื้อดินยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่อยู่ในดิน โดยดินที่เป็นดินทรายและมีการระบายน้ำได้ดีจะสะท้อนพลังงานสูงกว่าดินละเอียดที่มีการระบายน้ำไม่ดี ส่วนดินที่แห้งและมีเนื้อหยาบจะปรากฏสีเข้มกว่าดินเนื้อละเอียด ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงจะมีสีคล้ำและดูดกลืนพลังงานในช่วง Visible เช่นเดียวกับดินที่มีเหล็กออกไซด์ในปริมาณมากก็จะปรากฏสีเข้มและมีการสะท้อนพลังงานลดลง จากลักษณะปรากฏต่าง ๆ เหล่านี้ก็สามารถทำให้สามารถจัดจำแนกดินออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ได้ การสะท้อนของพลังงานในช่วงคลื่นต่าง ๆ ของดินดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 การสะท้อนของพลังงานในช่วงคลื่นต่าง ๆ ของดินที่มีระดับความชื้นต่าง ๆ กัน  
(คัดลอกจาก Gupta, 1991)

## 2.2 การสำรวจทางธรณีวิทยา

### 2.2.1 การสำรวจในภาคสนาม

การสำรวจธรณีวิทยาเป็นการสำรวจในภาคสนามประกอบด้วยการวัดค่าการวางตัวของชั้นหิน ตลอดจนค่าการวางตัวของโครงสร้างทางธรณีวิทยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและมีความสัมพันธ์กันกับบริเวณใกล้เคียง โดยในการสำรวจธรณีวิทยาครั้งนี้ได้เข้าสำรวจในพื้นที่บริเวณจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ และบางส่วนของจังหวัดบุรีรัมย์ มหาสารคาม และจังหวัดขอนแก่น เฉพาะบริเวณที่มีการเกิดแผ่นดินไหวและมีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวสูงที่ประเมินและวิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม และจากรายงานที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้ว เช่น บริเวณบ้านวัง อ. ค่านขุนทด จ. นครราชสีมา ของอดิชาติ สุรินทร์คำ และคณะ (2000) และบริเวณตำบล หนองกวาง อ. บ้านม่วง จ. สกลนคร ของ สืบศักดิ์ ศลโกศล และคณะ (2001) ซึ่งได้แก่บริเวณที่มีแนวของรอยแตกของหิน (Fractures) ปรากฏอยู่หนาแน่น ซึ่งคาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับการละลายของเกลือที่อยู่ใต้ดินโดยการกระทำของน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินด้วย

## 2.2.2 การสำรวจและการวิเคราะห์โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรง

โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง (lineament structure) ได้แก่โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สามารถมองเห็นได้เป็นเส้นตรง เช่น แนวของรอยเลื่อน (fault) รอยแตกของหิน (fracture) แนวแยกของหิน (joints) แนวการวางตัวของหิน (bedding) บางชนิดถ้ามีขนาดใหญ่และมีความต่อเนื่องเป็นแนวยาวก็จะสามารถสังเกตเห็นได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม ในการศึกษาและวิเคราะห์โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงนี้จะทำการศึกษาเชิงสถิติของความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงนี้ต่อหน่วยพื้นที่เพื่อที่จะได้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงและโครงสร้างที่สังเกตเห็นจากภาพถ่ายต่อคุณสมบัติของดินหรือหินทั้งจากระดับใต้ผิวดินจนถึงที่ระดับผิวดินได้

Haman (1961) ได้จำแนกโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงนี้ไว้สองชนิดตามขนาดของความยาวของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงนี้ ได้แก่โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงที่มีขนาดเล็ก (micro lineaments) โดยเป็นพวกโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 0.1 กิโลเมตร ถึง 2.5 กิโลเมตร และโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงที่มีขนาดใหญ่ (macro lineaments) คือพวกโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงที่มีขนาดยาวมากกว่า 2.5 กิโลเมตร

แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์ (1997) ได้ให้ความเห็นว่ารอยแตกของหินและแนวแตกของหินในบริเวณที่ราบสูงโคราชนี้ได้รับอิทธิพลจากแรงกระทำให้เกิดการคดโค้งของชั้นหินและเกลือหินทั้งจากแรงบีบอัด (compression) และแรงดึงหรือขยายตัว (tension) จากเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาแปรสัณฐานในอดีตที่ผ่านมาแต่ยังคงมีผลมาจนถึงปัจจุบัน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของที่ราบสูงโคราชจากการศึกษาทางด้านภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 และภาพถ่ายจากทางอากาศและได้สรุปถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านรูปร่างและการวางตัวของโครงสร้างของชั้นหินในยุคมีโซโซอิกไว้สามช่วงด้วยกันดังแสดงไว้ในรูปที่ 16 คือ

### 1. ช่วงปลายยุคครีเตเชียส (Late Cretaceous)

การเปลี่ยนแปลงในครั้งแรก (The first deformation, F1) แนวแกนของชั้นหินคดโค้งจะอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ อันเนื่องมาจากอิทธิพลของแรงบีบอัดอันเกิดจากการชนกันของแผ่นทวีปฉานไทยและอินโดจีน

### 2. ช่วงยุคตอนล่างของเทอร์เชียรี (Lower Tertiary)

เป็นการเปลี่ยนแปลงในครั้งที่สอง (The second deformation, F2) แนวแกนของชั้น หินคดโค้งและโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นต่าง ๆ จะอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ อันเนื่องมาจากอิทธิพลของแรงบีบอัดอันเกิดจากการชนกันของแผ่นทวีปอินเดียและแผ่นทวีปเอเชีย

### 3. ช่วงยุคไมโอซีนถึงยุคไพลสโตซีน (Miocene-Pleistocene)

เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทางธรณีวิทยาในครั้งที่สาม (The third deformation, F3) แนวของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นต่าง ๆ จะวางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ อันเกิดเนื่องมาจากอิทธิพลของการก่อตัวขึ้นมาของเทือกเขาหิมาลัยทำให้เกิดแรงดันขึ้นในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้

## เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการศึกษาความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงในครั้งนี้เป็นภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat และ MOMS ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากโครงการความร่วมมือทางวิชาการเรื่องธรณีวิทยาเพื่อการวางแผนและการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมระหว่างสถาบันวิทยาศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ แห่งสหพันธรัฐเยอรมนี (The Federal Institute for Geosciences and Natural Resources) ร่วมกับกองธรณีวิทยา และกองสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรรมชาติและสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี มหาวิทยาลัยสุรนารี

ประกอบด้วย

- ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่นำมาใช้เป็นข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม MOMS Landsat 6 และ Landsat 7
  - MOMS (May, 1993)
  - Landsat 5 TM (April 25, 1994)
  - Landsat 5 TM (March 6, 1999)
  - Landsat 7 TM (December 6, 1999)
  - Landsat 7 TM (February 13, 2000)
  - Landsat 7 TM (May 13, 2000)
- โปรแกรม SURFER 7 สำหรับใช้ในการสร้างแผนที่





## หลักการและวิธีการศึกษา

โดยทั่วไปโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงที่สังเกตเห็นได้ที่ระดับผิวดินนั้นจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่ระดับใต้ผิวดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแนวตั้งซึ่งโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงนี้มักจะต่อเนื่องยาวลงไปจนถึงระดับใต้ผิวดินโดยตรงและจะบ่งบอกถึงขนาดและทิศทางของแรงที่มากระทำต่อชั้นดินหรือชั้นหินและคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินหรือชั้นหินนั้น โดยตรง เช่น ความยืดหยุ่น หรือความแข็งแรงของชั้นดินหรือชั้นหินเหล่านั้น

ช่วงคลื่นที่ถูกบันทึกโดยเทียมนำมาศึกษานั้นจะใช้ช่วงคลื่นที่ 4 5 และ 7 ของ Landsat TM และใช้ช่วงคลื่นที่ 4 2 และ 1 ของ MOMS นำมาผสมกันให้เกิดภาพสีผสมเพื่อนำมาศึกษาและวิเคราะห์ความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นนี้ โดยภายหลังจากได้ภาพสีผสมแล้วก็จะนำภาพสีผสมดังกล่าวมาวิเคราะห์ด้วยตาเปล่า (Visual interpretation) และเขียนแนวของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงลงบนภาพสีผสมดังกล่าวโดยที่โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงที่สนใจและจะถูกบันทึกนั้นจะเป็นโครงสร้างจำพวกแนวของรอยเลื่อน (fault) รอยแตกของหิน (fracture) แนวแยกของหิน (joint) เท่านั้น ส่วนโครงสร้างที่มองเห็นเป็นเส้นตรงอื่น ๆ เช่น ถนน ทางรถไฟ ฯลฯ จากภาพถ่ายจากดาวเทียมแล้วไม่ใช่โครงสร้างดังกล่าวนี้จะถูกตัดออกไปโดยอาศัยข้อมูลของการสำรวจในภาคสนามเข้าช่วยในการจำแนกอีกครั้ง

ในการศึกษาเรื่อง โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงในครั้งนี้จะทำการศึกษาในสองลักษณะคือ

1. ความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความยาวรวมในหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Lineament Length Density Analysis)
2. ความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความถี่ของการตัดกันของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Lineament Intersection Density Analysis)

**การศึกษาความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความยาวรวมในหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Lineament Length Density Analysis)**

วิธีการศึกษาความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความยาวรวมในหนึ่งหน่วยพื้นที่สามารถทำได้โดยการวัดความยาวของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นต่อหนึ่ง

หน่วยพื้นที่ที่กำหนดซึ่งจะมีพื้นที่มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงและขนาดของพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยในการศึกษาค้างนี้ได้กำหนดหน่วยพื้นที่ศึกษาย่อย (grid cell) ไว้ที่ 4 ตารางกิโลเมตร (ขนาดความยาว 2 x 2 กิโลเมตร) โดยความยาวที่นับรวมกันได้ในแต่ละหนึ่งหน่วยพื้นที่จะถูกนำมาบันทึกไว้ที่จุดกึ่งกลางของแต่ละหน่วยพื้นที่เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละหน่วยพื้นที่ตามตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบทั้งพื้นที่ที่ต้องการศึกษาก็จะทำให้ได้ความยาวของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงในลักษณะเป็นตัวแทนที่แต่ละตำแหน่งทางภูมิศาสตร์

ข้อมูลความยาวรวมของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงที่แต่ละตำแหน่งภูมิศาสตร์ที่เป็นตัวแทนของแต่ละหนึ่งหน่วยพื้นที่นี้จะถูกนำไปลงจุดและสร้างแผนที่ความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความยาวด้วยโปรแกรม SURFER 7 ต่อไป โดยมีข้อสมมติฐานว่าบริเวณใดที่มีความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความยาวมากบริเวณนั้นก็จะเป็นบริเวณที่ง่ายต่อการแปรสภาพ เช่น เกิดรอยแตกหรือรอยแยกของดินหรือหินได้ง่ายนั่นเอง

**การศึกษาความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความถี่ของการตัดกันของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Lineament Intersection Density Analysis)**

โดยอาศัยข้อสมมติฐานที่ว่าบริเวณใดที่มีการตัดกันของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงอยู่มากบริเวณนั้นก็จะง่ายต่อการแปรสภาพเช่นกัน โดยการศึกษาในลักษณะนี้จะทำการนับจำนวนครั้งของการตัดกันของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงในหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ถูกกำหนดไว้เช่นเดียวกันกับการศึกษาความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความยาวรวมในหนึ่งหน่วยพื้นที่ จากนั้นจะนำจำนวนครั้งของการตัดกันของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงในหนึ่งหน่วยพื้นที่มาบันทึกไว้ที่ตำแหน่งตรงจุดกึ่งกลางเพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละหน่วยพื้นที่และจะนำค่านี้ไปลงจุดเพื่อสร้างแผนที่ของความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความถี่ของการตัดกันของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่โดยใช้โปรแกรม SURFER 7 ต่อไป

## 2.3 การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์

### 2.3.1 การวัดความต้านทานไฟฟ้า

ในการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะครั้งนี้ได้ใช้วิธีการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในแนวตั้ง (Vertical Electrical Sounding, VES) ในการสำรวจ เพราะเป็นวิธีที่สะดวก ให้ผลที่เชื่อถือได้ และมีราคาถูก

#### เครื่องมือสำรวจ

1. เครื่องมือวัดความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity meter) ยี่ห้อ IRIS รุ่น SYSCAL R1 พร้อมแบตเตอรี่
2. Electrode จำนวน 14 แท่ง
3. สายไฟ จำนวน 4 ม้วน
4. ค้อน
5. โปรแกรม RESIST87

#### หลักการและรูปแบบการสำรวจ

ความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) เป็นคุณสมบัติของหินและแร่ที่ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ โดยปกติการนำไฟฟ้าในชั้นหินทุกชนิดจะเกิดจากการเคลื่อนที่ของไอออนอิสระในสารละลายเกลือแร่ที่แทรกอยู่ตามช่องว่างเล็ก ๆ ระหว่างชั้นดิน ชั้นหิน เนื่องจากแร่ประกอบหินหลัก เช่น ควอตซ์ (Quartz) เฟลด์สปาร์ (Feldspar) และ ไมกา (Mica) เป็นฉนวนไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้ความต้านทานจำเพาะของชั้นดิน ชั้นหินใด ๆ จึงขึ้นอยู่กับความต้านทานจำเพาะของสารละลายเกลือแร่ที่แทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เม็ดหิน ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดจึงสามารถไหลตามสารละลายเกลือแร่ผ่านชั้นดิน ชั้นหินเหล่านั้นลงไปได้ แต่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านชั้นดิน ชั้นหิน ต่างชนิดกันได้ดีไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของสารละลาย ความเข้มข้นและปริมาณของสารละลายที่ซึมแทรกอยู่ในชั้นดิน ชั้นหิน

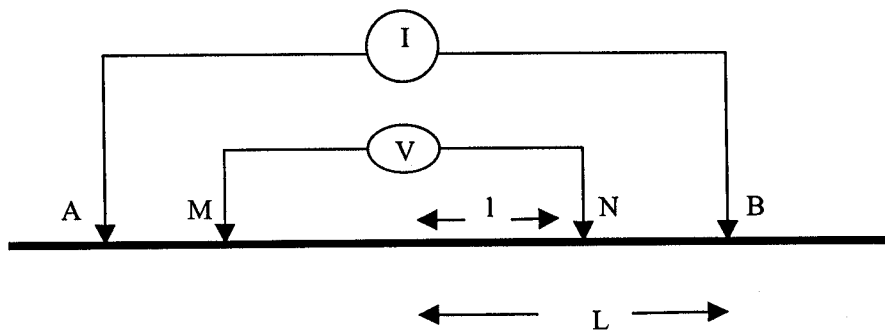
จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้สามารถตรวจวัดสภาพธรณีวิทยาใต้พื้นผิวที่ตำแหน่งใด ๆ ได้ โดยการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน ชั้นหิน ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า การ

สำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในแนวตั้ง (Vertical Electrical Sounding) ได้ โดยวิธีการสำรวจทำได้โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปในดินผ่านขั้วกระแสไฟฟ้าสองขั้ว (Current electrodes, A-B) การไหลของกระแสไฟฟ้าจะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นในดิน หรือหิน ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะแปรเปลี่ยนไปตามค่าของกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยลงไป ในดิน และความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินชั้นหินที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านและจะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ปลายขั้วศักย์ไฟฟ้าสองขั้ว (Potential electrodes, M-N) ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ โดยที่ความลึกของเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชั้นดิน ชั้นหิน จะแปรผันตามระยะระหว่างขั้วกระแสไฟฟ้าทั้งสองข้าง (A-B) ในการสำรวจ นั้นจากปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ชกนาลงไปและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นและวัดได้ที่ระยะขั้วไฟฟ้าต่าง ๆ จะสามารถนำมาคำนวณค่าความต้านทานปรากฏ (Apparent resistivity) ของชั้นดิน หรือชั้นหินได้ ในระดับความลึกประมาณครึ่งหนึ่งของระยะห่างของขั้วของการปล่อยกระแสไฟฟ้า (AB/2) ได้ การจัดรูปแบบของขั้วกระแส และขั้วศักย์ ในการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินชั้นหินนั้นมีหลายแบบ แต่ในการสำรวจครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการจัดวางขั้วแบบชลัมเบอร์เจอร์ (Schlumberger configuration) ดังแสดงในรูปที่ 17 โดยที่ระยะห่างระหว่างขั้วกระแสไฟฟ้าและขั้วศักย์ไฟฟ้าจะเป็นไปตามตารางที่ 1

ข้อมูลที่ได้จากการจัดรูปแบบขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจอร์นี้สามารถนำมาคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏได้ตามสมการของ Telford and others (1990) ได้ดังนี้

$$\text{ความต้านทานไฟฟ้าปรากฏ, } \rho_a = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \frac{\Delta V}{I}$$

- เมื่อ  $\Delta V$  = ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้
- $I$  = ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ปล่อยลงไปในดิน
- $L$  = ระยะครึ่งหนึ่งของขั้วการปล่อยกระแสไฟฟ้า (AB/2)
- $l$  = ระยะครึ่งหนึ่งของขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (MN/2)



รูปที่ 17 การจัดวางการสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏแบบชลัมเบอร์เจอร์

ตารางที่ 1 ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าในการสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้าในแต่ละจุดสำรวจ

ระยะขั้วกระแส/2 (AB/2) : เมตร	ระยะขั้วศักย์ไฟฟ้า/2 (MN/2) : เมตร
1.3	0.5
2.0	0.5
3.2	0.5
4.0	0.5
5.0	0.5
6.5	0.5
8.0	0.5
10	0.5
10	2
13	2
16	2
20	2
25	2
32	2
32	5
40	5
50	5
65	5
80	5
100	5
100	20
130	20
160	20
200	20
250	20
320	20
320	50
400	50
500	50
650	50

โดยทั่วไปในการสำรวจจะเริ่มจากการวางขั้ว A กับ B ห่างกันเล็กน้อยเพื่อวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน ชั้นหินในระดับตื้นก่อน แล้วค่อย ๆ เพิ่มระยะห่างของขั้วกระแสมากขึ้น ๆ เพื่อวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน ชั้นหินในระดับที่ลึกลงไปเรื่อย ๆ จนถึงระดับที่ต้องการ เมื่อนำค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏที่คำนวณได้จากการวัดในระดับความลึกที่ต่างกันของจุดสำรวจเดียวกันมาลงจุด (plot) เป็นกราฟเพื่อนำไปประมวลผลและวิเคราะห์ ในการแปลความหมายข้อมูลจากกราฟที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับเส้นกราฟจากทฤษฎี partial graph matching ตามแบบของ Gorge V. Keller และ Frank C. Frischknecht (1966) และโดยการจำลองค่าความหนาของชั้นต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer modelling) โดยใช้โปรแกรม RESIST87 ซึ่งก็จะให้ค่าความต้านทานของแ

ละชั้นดิน ชั้นหิน รวมทั้งความลึกของชั้นค่าความต้านเหล่านั้นด้วย ตำแหน่งจุดสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้าในแนวตั้งในการศึกษาครั้งนี้แสดงไว้ในรูปที่ 18



รูปที่ 18 ตำแหน่งของจุดสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้าในแนวตั้ง (VES) จำนวน 18 จุด บริเวณ อ. กง จ. นครราชสีมา

### 2.3.2 การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือน

การสำรวจครั้งนี้ได้เลือกใช้การสำรวจด้วยวิธีคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับ (Seismic reflection survey) เนื่องจากข้อมูลจากหลุมเจาะสำรวจของโครงการโพแทชในบริเวณพื้นที่ศึกษาระบุ

ว่าชั้นเกลือหินอยู่ที่ระดับความลึกมากกว่า 300 เมตร ซึ่งการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนวิธีนี้จะให้ข้อมูลในระดับลึกได้ดี

### เครื่องมือ

1. เครื่องบันทึกสัญญาณ (Seismograph) ยี่ห้อ OYO รุ่น DAS 1
2. ตัวรับสัญญาณ (Geophones) ใช้เป็นแบบกลุ่ม (Group) จำนวน 24 กลุ่ม
3. ตัวกำเนิดคลื่น (Source) ใช้ตุ้มน้ำหนัก (Weight drop) ขนาด 50 กิโลกรัม ติดกับด้านท้ายของรถกระบะ โดยใช้ระบบไฮดรอลิกเป็นตัวยกตุ้มน้ำหนัก
4. อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น แผ่นเหล็กรับตุ้มน้ำหนัก, เทปวัดระยะ ฯลฯ
5. โปรแกรม SEISTRIX version 3.4

### หลักการและรูปแบบการสำรวจ

เมื่อทำการกำเนิดคลื่นช็อคหย่อนลงไปในพื้นที่ดินหรือหิน คลื่นจะเดินทางด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ตามลักษณะและคุณสมบัติความยืดหยุ่นของชั้นหินที่แตกต่างกันไปในแต่ละชั้น โดยที่ขอบเขตของชั้นหินที่แตกต่างกันนี้จะมีคลื่นบางส่วนหักเหไปตามระนาบของแนวนั้น คลื่นบางส่วนจะเดินทางต่อไปลงไปยังชั้นหินด้านล่าง ในขณะที่คลื่นอีกส่วนหนึ่งจะสะท้อนและเดินทางกลับขึ้นมายังผิวดิน โดยคลื่นส่วนที่สะท้อนและเดินทางกลับมายังผิวดินนี้จะถูกบันทึกได้โดยใช้ตัวรับสัญญาณ (Geophones) โดยที่ตัวรับสัญญาณนี้จะเปลี่ยนการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการที่คลื่นเดินทางกลับมานี้ไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าและจะถูกบันทึกไว้ในรูปของสัญญาณดิจิทัลในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ก่อนจะถูกนำไปประมวลผลและแปลความหมายต่อไป

การจัดรูปแบบการสำรวจครั้งนี้ได้ใช้การจัดรูปแบบของตัวรับสัญญาณเป็น แบบ Off-end push โดยพารามิเตอร์อื่น ๆ เป็นดังนี้

- แนวของการสำรวจรวมเป็นระยะทาง	2 กิโลเมตร
- ระยะห่างระหว่างตัวกำเนิดสัญญาณถึงตัวรับสัญญาณกลุ่มแรก	100 เมตร
- ระยะห่างระหว่างกลุ่มของตัวรับสัญญาณ	10 เมตร
- การตั้งค่าเครื่องบันทึกสัญญาณ	
Filter:	Low cut      35 Hz
	High cut     150 Hz
Sample Interval	500 $\mu$ sec



การสำรวจจะกระทำตามแนวขอบของถนนที่ตัดผ่านหมู่บ้าน หนองบัว บ้านหนอง  
 พรานปาน บ้านโคกสะอาด บ้านโคกน้อย บ้านหนองหนาด และบ้านน้อย โดยที่แนวของการ  
 สำรวจดังแสดงในรูปที่ 19



รูปที่ 19 แสดงแนวเส้นทางการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับ

## บทที่ 3

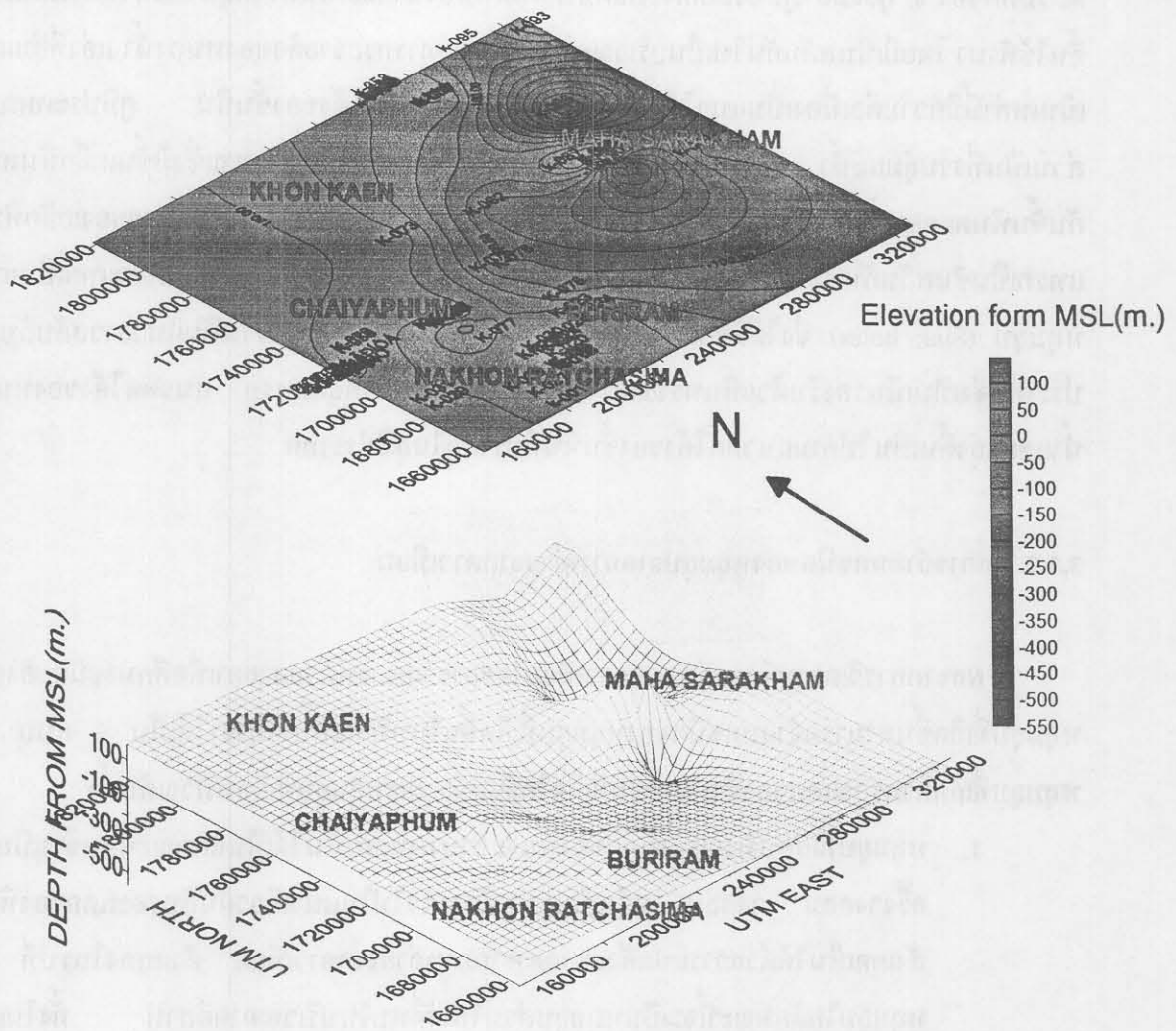
### ผลการวิจัย

#### 3.1 ผลการสำรวจและวิเคราะห์ทางธรณีวิทยา

จากข้อมูลการสำรวจทางธรณีวิทยาในภาคสนามพบว่าชั้นหินในพื้นที่ที่สำรวจประกอบไปด้วยหน่วยหินมหาสารคามและหน่วยหินภูทอกซึ่งเป็นหินทรายสีแดงและหินทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีการวางตัว (Strike) ส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (Northwest-Southeast) และมีทิศทางของการเอียงเท (Dip) ของชั้นหินเข้าสู่แอ่งโคราชด้วยมุมของการเอียงเทเฉลี่ยประมาณ 5 องศา ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบสลับกับเนินเขาเตี้ย ๆ มีทางน้ำขนาดเล็ก ๆ ไหลผ่านกระจายอยู่โดยทั่วไป

จากข้อมูลของหลุมเจาะโปแตชในภาคอีสานโดยกองเศรษฐธรณี กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2521 พบว่ามีเกลือหินวางตัวอยู่ทั่วไปในภาคอีสานในหน่วยหินมหาสารคามที่ระดับความลึกตั้งแต่ 50 ถึง 300 เมตร จากข้อมูลดังกล่าวเมื่อนำมาวิเคราะห์การแพร่กระจายและการวางตัวของเกลือหินโดยเฉพาะของเกลือหินชั้นบน (Upper salt bed) ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในระดับตื้นทั่วบริเวณภาคอีสานโดยใช้โปรแกรม SURFER 7 มาช่วยในการสร้างแผนที่การกระจายตัวได้ผลดังแสดงในรูปที่ 20 และค่าระดับความลึกถึงชั้นเกลือหินชั้นบนที่ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ต่าง ๆ แสดงไว้ในภาคผนวก ก. จากแผนที่การกระจายตัวของเกลือหินชั้นบนดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าบริเวณที่เกลืออยู่ในระดับตื้นนั้นอาจจะได้รับผลกระทบจากน้ำใต้ดินในการเข้าไปละลายเกลือหินจากที่เคยอยู่และถูกพัดพาไปในรูปของสารละลายและไปตกสะสมตัวและตกผลึกเป็นเกลือชั้นใหม่ในบริเวณพื้นที่ปลายน้ำ

นอกจากนี้จากการเข้าสำรวจในภาคสนามในบริเวณที่มองเห็นเป็นสีขาวและมีเนื้อภาพละเอียดในภาพถ่ายจากดาวเทียมซึ่งเป็นบริเวณที่มีเปอร์เซ็นต์ของการสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้มากทำให้คาดว่าจะเป็นบริเวณที่ดินมีความแห้งแล้งและมีขนาดของเม็ดตะกอนขนาดเล็กหรือละเอียดมาก และพบว่าเป็นบริเวณที่มีคราบเกลือปรากฏอยู่เสมอซึ่งเมื่อพิจารณาจากแผนที่ธรณีวิทยาและจากภาพถ่ายจากดาวเทียมพบว่าบริเวณที่เห็นเป็นสีขาวนี้มักจะเกิดในบริเวณที่มีความสัมพันธ์หรือเป็นรอยแตกของชั้นหินทั้งสิ้น



รูปที่ 20 ลักษณะของการแผ่กระจายตัวของเกลือหินชั้นบนและระดับความลึก หรือสูงกว่า (เมตร) จากระดับน้ำทะเลและตำแหน่งของหลุมเจาะแร่โปแตชที่ใช้ในการศึกษา

### 3.2 ผลการแปลความหมายทางธรณีวิทยาจากภาพถ่ายจากดาวเทียม

#### 3.2.1 ธรณีวิทยาทั่วไปในพื้นที่ศึกษา

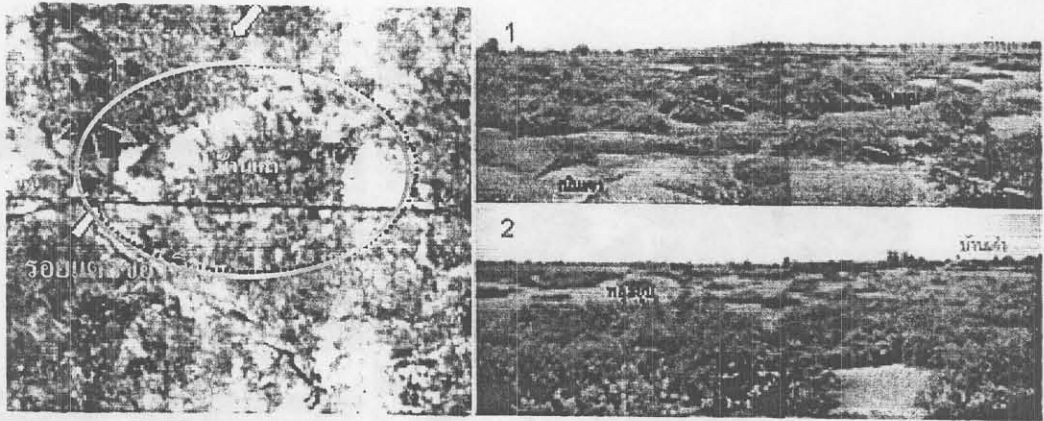
จากภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษา ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ตอนบนของ จ. นครราชสีมา ตอนใต้ของ จ. ขอนแก่น และบางส่วนของตอนใต้ของ จ. ชัยภูมิ และบางส่วนของทาง

ตะวันตกของ จ. บุรีรัมย์ ภูมิประเทศจะมีลักษณะเป็นหนองน้ำและเป็นที่ยาบุ่ม โดยบางแห่งเป็นแอ่งตื้นใช้ทำนา โดยมีเนินสลับกันไปเป็นบริเวณกว้าง ลักษณะการกระจายตัวของหนองน้ำ แอ่งที่ลุ่มและเนินเหล่านี้มีความต่อเนื่องเป็นแนวโค้งงอตามลักษณะของการคดโค้งของชั้นหิน ภูมิประเทศบางส่วนเป็นที่ยาบุ่มแม่น้ำ พื้นที่ศึกษานี้ถูกรองรับอยู่ด้วยหมวดหินมหาสารคามซึ่งมีชั้นเกลือหินสลับกับชั้นหินตะกอนอื่น ๆ มีหลุมและแอ่งตื้น ๆ ที่ปรากฏอยู่ทั่วไปอันเกิดจากการละลายของเกลือหินที่แทรกเป็นชั้นสลับกับหินตะกอนอื่น บริเวณที่มีแร่เกลือหินละลายออกไปจะเกิดภูมิประเทศเป็นแบบหลุมยุบ (Sink holes) ซึ่งได้พัฒนามาเป็นหนองน้ำและแอ่งตื้น ๆ มีรูปร่างเป็นแนวยาวสลับกับภูมิประเทศซึ่งเป็นเนินรองรับด้วยหินทรายและหินตะกอนอื่นที่ไม่มีเกลือแทรก แนวคดโค้งของหนองน้ำและแอ่งตื้นเป็นไปตามแนวคดโค้งของชั้นหินที่ปรากฏในภูมิประเทศ

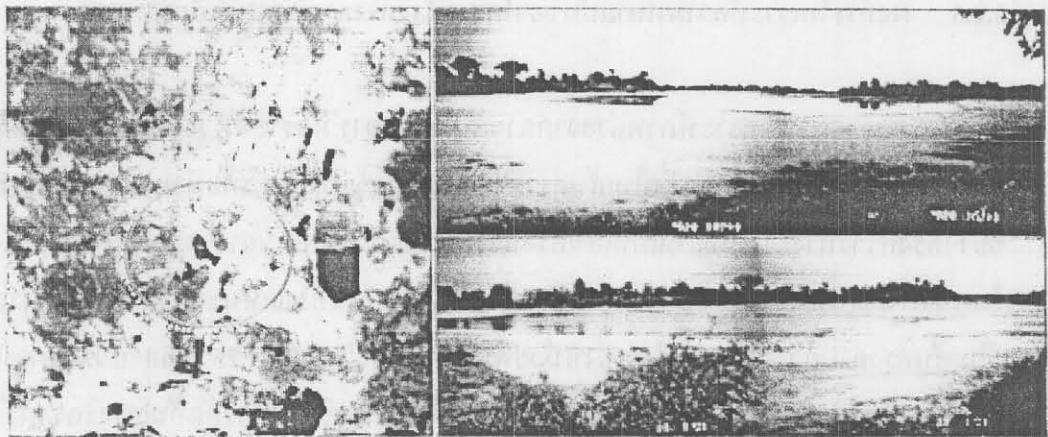
### 3.2.2 ผลการจำแนกชนิดของหลุมยุบจากภาพถ่ายจากดาวเทียม

ผลจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยการวิเคราะห์ด้วยสายตาเพื่อศึกษาชนิดของการหลุมยุบที่เกิดขึ้นสามารถจำแนกชนิดของหลุมยุบที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ศึกษาได้เป็น 3 แบบ คือ หลุมยุบที่เกิดตามรอยแตกของหิน หลุมยุบที่เกิดใกล้แม่น้ำ และหลุมยุบที่เกิดบริเวณต้นน้ำ

1. หลุมยุบที่เกิดบริเวณรอยแตกของหินจะสามารถมองเห็นได้เป็นลักษณะค่อนข้างเป็นรูปครึ่งวงกลม วงกลม หรือเป็นรูปร่างรีวางตัวไปในแนวเดียวกันกับรอยแตกของหินที่สังเกตเห็นได้ด้วยการแปลด้วยสายตาจากภาพถ่ายจากดาวเทียม ดังแสดงในรูปที่ 21 หลุมยุบในลักษณะนี้จะเป็นหลุมยุบส่วนใหญ่ที่พบในบริเวณภาคอีสาน ทั้งในแอ่งสกลนคร และแอ่งโคราช เมื่อเข้าทำการสำรวจในภาคสนามพบว่าในบริเวณดังกล่าวจะเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำมีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลมเกิดชิดติดกับเนินเขา ไม่มีน้ำขังแต่มีความชื้นสูงเนื่องจากน้ำใต้ดินที่อยู่ใกล้ผิวดินและมีวัชพืชเป็นพุ่มหนามขึ้นอยู่ทั่วไป
2. หลุมยุบที่เกิดใกล้แม่น้ำจะสังเกตเห็นจากภาพถ่ายจากดาวเทียมได้เป็นหลุมยุบเดี่ยว ๆ บริเวณใกล้ ๆ กับแม่น้ำสายหลัก ๆ เช่น แม่น้ำชี แม่น้ำมูล เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 22 หลุมยุบในลักษณะนี้จะมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วในแนวคดโค้งและแนวราบ เนื่องจากอิทธิพลของน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน รวมทั้งทำให้มีน้ำขังตลอดทั้งปี โดยที่ดินและน้ำในหลุมยุบจะมีความเค็มปานกลาง
3. หลุมยุบที่เกิดในบริเวณต้นน้ำหรือลำธารขนาดเล็กจะสังเกตเห็นได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมมีลักษณะค่อนข้างเป็นรูปวงกลม หรือวงรี โดยมีค้ำหนึ่งเปิดไปสู่ทางด้านปลายน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 23 สภาพโดยทั่วไปจะมีน้ำขังมากในฤดูฝน แต่จะแห้งแล้วและเกิดมีคราบเกลือในปริมาณมากที่ผิวดินในฤดูแล้ง สภาพดินมีความเค็มจัด

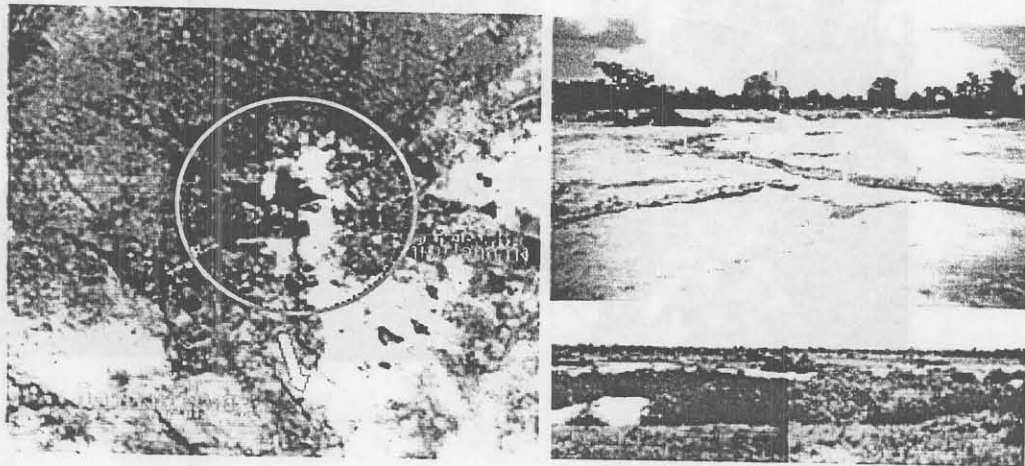


รูปที่ 21 หลุมยุบที่เกิดบริเวณรอยแตกของหินที่สังเกตเห็นได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมและสภาพภูมิประเทศจริง บริเวณบ้านเก่า อ. โนนแดง จ. นครราชสีมา



รูปที่ 22 หลุมยุบที่เกิดบริเวณใกล้แม่น้ำที่สังเกตเห็นได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมและสภาพภูมิประเทศจริง บริเวณบ้านหนองโก อ. คอนสวรรค์ จ. ชัยภูมิ





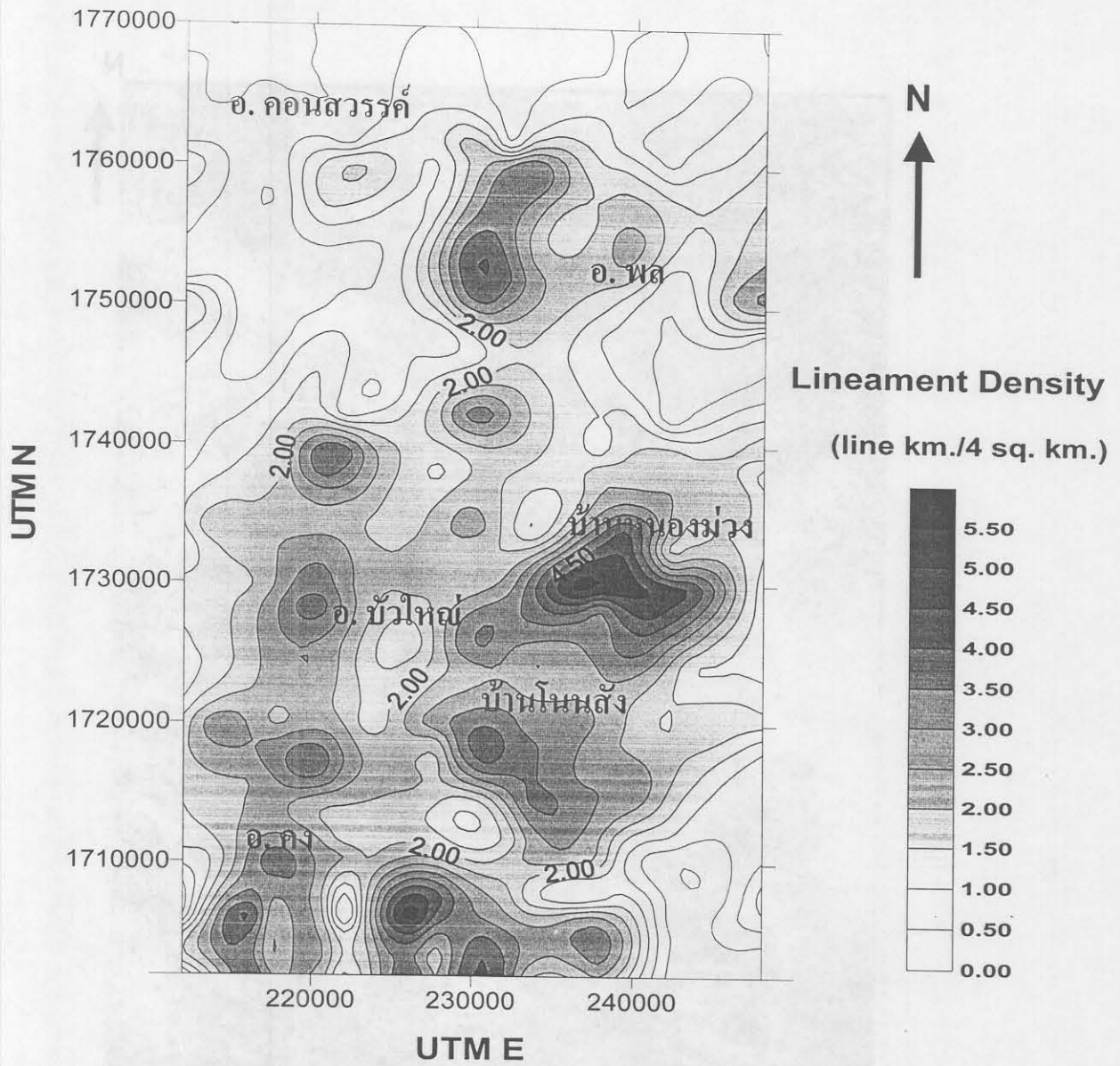
รูปที่ 23 หลุมยุบที่เกิดบริเวณต้นน้ำ ลำธาร ที่สังเกตเห็นได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม และ  
สภาพภูมิประเทศจริง บริเวณ บ้าน โคกสว่าง อ. บัวใหญ่ จ. นครราชสีมา

### 3.2.3 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรง

ผลจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยการวิเคราะห์ด้วยสายตาโดยการขีดเส้นแนวของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงดังแสดงไว้ในรูปที่ 24 เพื่อนำมาศึกษาถึงความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงทั้งในลักษณะตามความยาวรวมและความถี่ของการตัดกันในหนึ่งหน่วยพื้นที่ และนำมาสร้างเป็นแผนที่แสดงความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความยาวรวมในหนึ่งหน่วยพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 25 และแผนที่แสดงความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความถี่ของการตัดกันของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 26 ตามลำดับเพื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับบริเวณที่คาดว่าจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดการทรุดตัวของดินหรือหิน ทั้งนี้โดยอาศัยหลักการที่ว่าบริเวณใดที่มีความหนาแน่นของความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงทั้งในลักษณะตามความยาวรวมและความถี่ของการตัดกันในหนึ่งหน่วยพื้นที่สูงชันหินบริเวณนั้นก็จะมี การแตกหรือเปราะได้มากและชั้นเกลือหินที่รองรับอยู่ด้านใต้ก็มีโอกาสที่จะโดนการกัดเซาะและพัดพาไปสะสมตัวที่อื่น โดยการกระทำของน้ำใต้ดินหรือน้ำผิวดินที่ไหลลงไปตามรอยแตกได้มากเช่นกัน และค่าความยาวรวมและค่าความถี่ของการตัดกันของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงที่แต่ละพิภคภูมิศาสตร์ที่นำมาสร้างแผนที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข



รูปที่ 24 แนวของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นที่ขีดทับลงไปบนภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นและความยาวรวมของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 25 แผนที่แสดงความหนาแน่นของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความยาวรวมในหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ได้จากการวิเคราะห์จากภาพถ่ายจากดาวเทียม



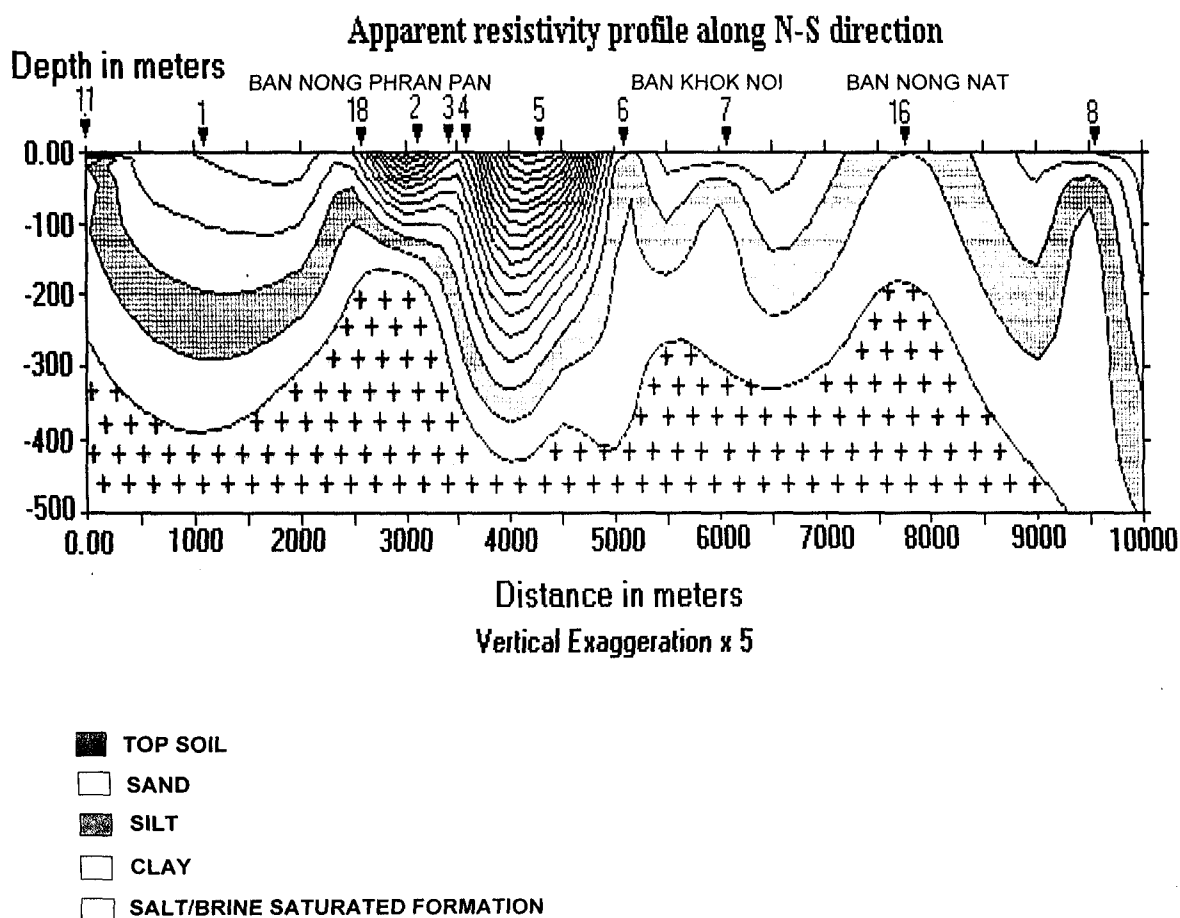


### 3.3 ผลการแปลความหมายจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์

#### 3.3.1 ผลการแปลความหมายจากการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าในแนวดิ่ง

จากการสำรวจวัดค่าความต้านทานจำเพาะในแนวดิ่ง (Vertical Electrical Sounding, VES) จำนวน 18 จุด พบว่าในบริเวณพื้นที่บริเวณ อ. คง จ. นครราชสีมา สามารถแบ่งชั้นดินหรือหินออกได้ตามลักษณะของค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏได้ดังภาพตัดขวางที่แสดงในรูปที่ 27

โดยที่ค่าความต้านทานไฟฟ้าในแนวดิ่งที่สำรวจได้ทั้ง 18 จุดสำรวจจะเป็นไปดังแสดงไว้ในรูปที่ 28 ถึงรูปที่ 45



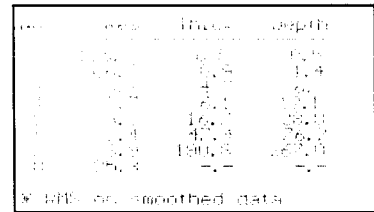
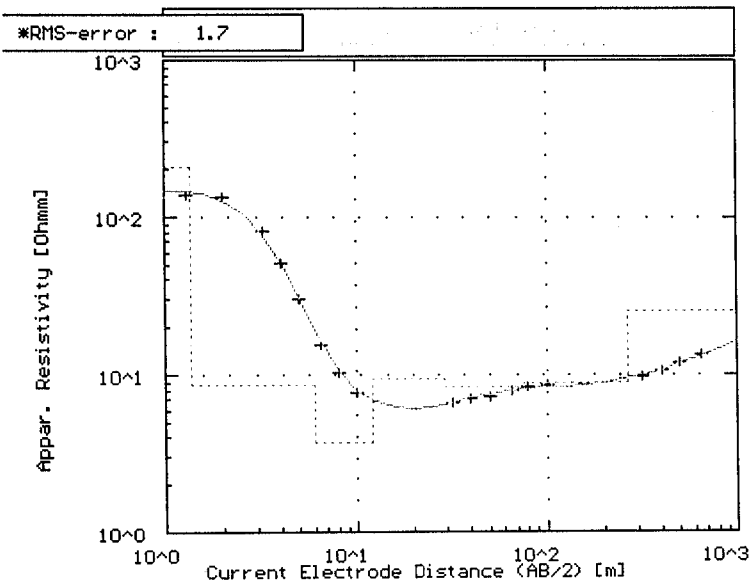
รูปที่ 27 ภาพตัดขวางแสดงลักษณะของการวางตัวของชั้นหินในแนวสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในแนวดิ่งในบริเวณพื้นที่ อ. คง จ. นครราชสีมา

Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area Khong district Station point1 225622E 1708126N Date 05/26/01

Comment direction N60°E

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	9.68	799.57	373.6	50	5	777.54	153.79	1.187	6.0
2.0	0.5	11.78	13.63	318.05	274.9	65	5	1319.47	67.66	0.370	7.2
3.2	0.5	31.38	18.22	90.516	155.9	80	5	2002.77	84.81	0.296	7.0
4.0	0.5	49.48	12.41	28.28	112.7	100	5	3133.74	136.97	0.350	8.0
5.0	0.5	77.75	15.69	17.06	84.6	100	20	753.98	130.14	1.304	7.6
6.5	0.5	131.95	12.36	3.75	40.1	130	20	1295.91	92.35	0.613	8.6
8.0	0.5	200.28	13.22	1.24	18.8	160	20	1979.20	142.93	0.894	12.4
10	0.5	313.37	50.53	2.62	16.3	200	20	3110.18	94.48	0.479	15.6
10	2	75.40	50.47	11.60	17.3	250	20	4877.32	352.23	0.777	10.8
13	2	129.59	28.05	1.78	8.2	320	20	8011.06	228.38	0.279	9.8
16	2	197.92	59.63	1.75	5.8	320	50	3138.50	230.14	0.668	9.1
20	2	311.02	63.76	1.047	5.1	400	50	4948.00	553.33	0.803	7.2
25	2	487.73	57.91	0.517	4.4	500	50	7775.65	194.29	0.122	4.9
32	2	801.11	191.80	1.402	5.9	650	50	13194.70	231.15	0.105	6.0
32	5	313.85	192.25	3.188	5.2						
40	5	494.80	152.33	1.762	5.7						



รูปที่ 28 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 1 อ. คง จ. นครราชสีมา

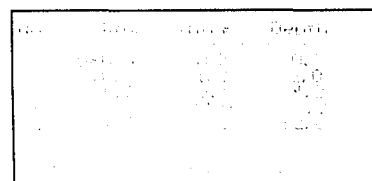
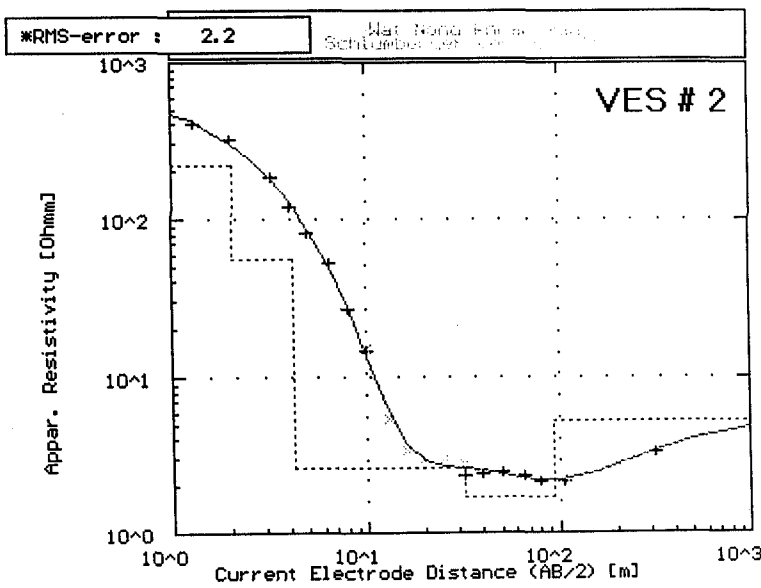
Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point2 226200E 1703790N

Date: 06/26/01

Comment: Wat Nong Phran Pan

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	50.70	4474.725	399.41	32	2	801.11	336.66	1.152	2.74
2.0	0.5	11.78	68.88	1892.159	323.60	32	5	313.85	342.29	2.573	2.36
3.2	0.5	31.38	74.06	438.945	185.98	40	5	494.80	372.49	1.814	2.41
4.0	0.5	49.48	70.28	169.759	119.52	50	5	777.54	732.49	2.325	2.47
5.0	0.5	77.75	106.44	111.413	81.38	65	5	1319.47	629.41	1.116	2.34
6.5	0.5	131.95	86.20	33.962	51.99	80	5	2002.77	418.69	0.452	2.16
8.0	0.5	200.28	76.18	10.134	26.64	105	5	3133.74	443.35	0.277	2.16
10	0.5	313.37	83.07	3.897	14.70	105	20	834.82	439.18	1.194	2.27
10	2	75.40	87.72	17.521	15.06	130	20	1295.91	1177.48	2.102	2.31
13	2	129.59	72.31	2.999	5.37	176	20	1979.20	33.426	0.362	2.5
16	2	197.92	127.68	2.213	3.43	200	20	3110.18	769.29	0.685	2.77
20	2	311.02	116.25	1.127	3.01	250	20	4877.32	1629.37	1.059	3.2
25	2	487.73	147.37	0.906	2.99	320	20	8011.06	256.12	0.104	3.25
						320	50	3138.50	316.46	0.132	3.34



รูปที่ 29 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 2 อ. คง จ. นครราชสีมา

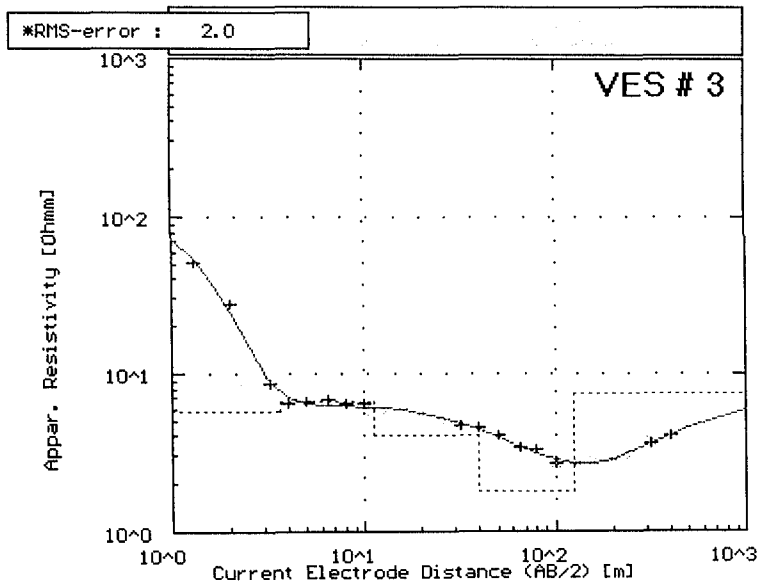
Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point3 226290 1704000N

Date: 06/27/01

Comment: 250 m North of Wat Nong Phran Pan

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	185.71	2067.008	50.42	32	2	801.11	1047.00	6.321	4.77
2.0	0.5	11.78	118.96	276.835	27.41	32	5	313.85	1060.96	16.069	4.75
3.2	0.5	31.38	110.06	30.029	8.56	40	5	494.80	960.48	8.827	4.55
4.0	0.5	49.48	149.27	19.176	6.53	50	5	777.54	258.65	1.337	4.02
5.0	0.5	77.75	138.84	11.877	6.65	65	5	1319.47	58.09	0.148	3.44
6.5	0.5	131.95	126.45	6.535	6.82	80	5	2002.77	217.42	0.355	3.27
8.0	0.5	200.28	176.72	5.770	6.54	100	5	3133.74	284.53	0.248	2.73
10	0.5	313.37	486.17	10.023	6.46	100	20	753.98	284.31	1.009	2.67
10	2	75.40	480.93	36.884	5.78	130	20	1295.91	222.38	0.466	2.71
13	2	129.59	119.67	5.291	5.73	160	20	1979.20	246.57	0.343	2.75
16	2	197.92	308.03	9.035	5.80	200	20	3110.18	889.19	0.824	2.88
20	2	311.02	1323.42	23.920	5.62	250	20	4877.32	334.23	0.208	3.03
25	2	487.73	1799.20	18.368	4.98	320	20	8011.06	623.40	0.290	3.72
						320	50	3138.50	403.09	0.458	3.60
						400	50	4948.00	528.84	0.515	4.10



AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
320	50	3138.50	403.09	0.458	3.60
400	50	4948.00	528.84	0.515	4.10

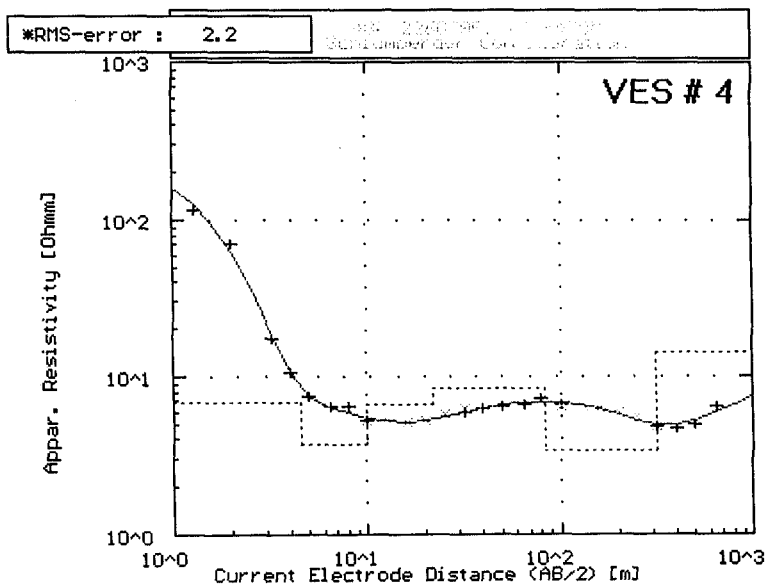
รูปที่ 30 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 3 อ. คง จ. นครราชสีมา

Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point4 226079E 1704479N Date: 07/01/01

Comment Ban Khok Sa-At Direction N60°E

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	123.75	3173.122	116.0	50	5	777.54	469.23	3.916	6.5
2.0	0.5	11.78	103.71	626.184	71.1	65	5	1319.47	154.24	0.782	6.7
3.2	0.5	31.38	115.68	64.538	17.5	80	5	2002.77	52.33	0.188	7.2
4.0	0.5	49.48	113.56	24.195	10.5	100	5	3133.74	214.70	0.451	6.6
5.0	0.5	77.75	108.84	10.333	7.4	100	20	753.98	215.21	1.869	6.5
6.5	0.5	131.95	143.11	6.957	6.4	130	20	1295.91	312.88	1.564	6.5
8.0	0.5	200.28	124.50	3.989	6.4	160	20	1979.20	177.83	0.567	6.3
10	0.5	313.37	93.96	1.574	5.2	200	20	3110.18	137.50	0.267	6.0
10	2	75.40	58.28	3.996	5.2	250	20	4877.32	128.40	0.148	5.6
13	2	129.59	94.91	3.748	5.1	320	20	8011.06	379.65	0.226	4.8
16	2	197.92	97.77	2.515	5.1	320	50	3138.50	380.46	0.582	4.8
20	2	311.02	129.46	2.176	5.2	400	50	4948.00	498.35	0.474	4.7
25	2	487.73	122.46	1.453	5.8	467	50	6775.75	296.79	0.219	5.0
32	2	801.11	90.54	0.703	6.2	500	50	7775.40	309.30	0.198	5.0
32	5	313.85	92.08	1.767	6.0	650	50	13194.70	203.78	0.145	6.5
40	5	494.80	305.62	3.831	6.2						



No.	Res	Depth	Depth
1	4.53	0.5	0.5
2	11.78	0.5	0.5
3	31.38	0.5	0.5
4	49.48	0.5	0.5
5	77.75	0.5	0.5
6	131.95	0.5	0.5
7	200.28	0.5	0.5
8	313.37	0.5	0.5
9	75.40	2	2
10	129.59	2	2
11	197.92	2	2
12	311.02	2	2
13	487.73	2	2
14	801.11	2	2
15	313.85	5	5
16	494.80	5	5

\* RMS on smoothed data

รูปที่ 31 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 4 อ. คง จ. นครราชสีมา

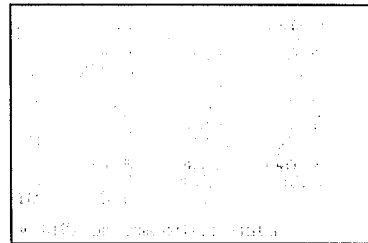
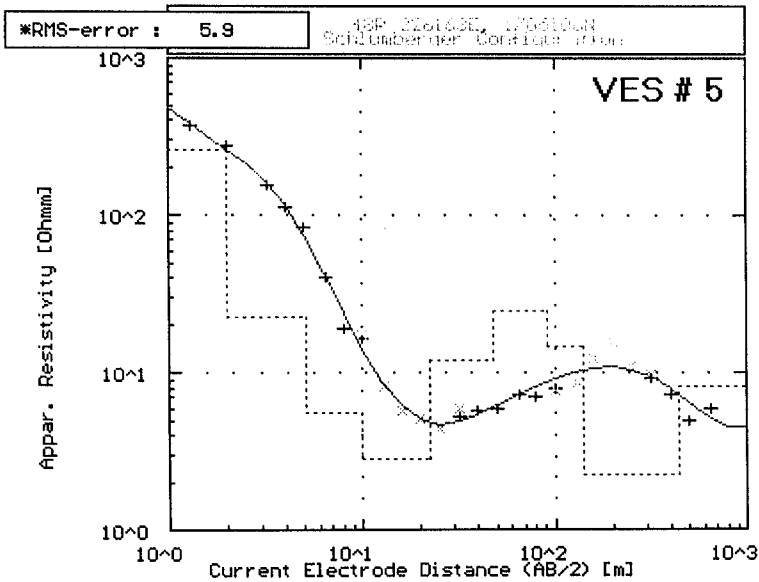
Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point5 226163E 1705106N

Date: 06/31/01

Comment.....

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	9.68	799.574	373.6	50	5	777.54	153.79	1.187	6.0
2.0	0.5	11.78	13.63	318.046	274.9	65	5	1319.47	67.66	0.370	7.2
3.2	0.5	31.38	18.22	90.516	155.9	80	5	2002.77	84.81	0.296	7.0
4.0	0.5	49.48	12.41	28.281	112.7	100	5	3133.74	136.97	0.350	8.0
5.0	0.5	77.75	15.69	17.061	84.6	100	20	753.98	130.14	1.304	7.6
6.5	0.5	131.95	12.36	3.753	40.1	130	20	1295.91	92.35	0.613	8.6
8.0	0.5	200.28	13.22	1.240	18.8	160	20	1979.20	142.93	0.894	12.4
10	0.5	313.37	50.53	2.620	16.3	200	20	3110.18	94.48	0.479	15.6
10	2	75.40	50.47	11.599	17.3	250	20	4877.32	352.23	0.777	10.8
13	2	129.59	28.05	1.779	8.2	320	20	8011.06	228.38	0.279	9.8
16	2	197.92	59.63	1.750	5.8	320	50	3138.50	230.14	0.668	9.1
20	2	311.02	63.76	1.047	5.1	400	50	4948.00	553.33	0.803	7.2
25	2	487.73	57.91	0.517	4.4	500	50	7775.65	194.29	0.122	4.9
32	2	801.11	191.80	1.402	5.0	650	50	13194.70	231.15	0.105	6.0
32	5	313.85	192.25	3.188	5.2						
40	5	494.80	152.33	1.762	5.7						



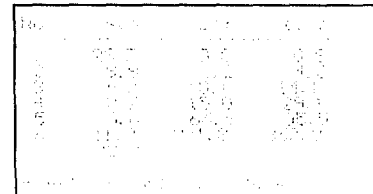
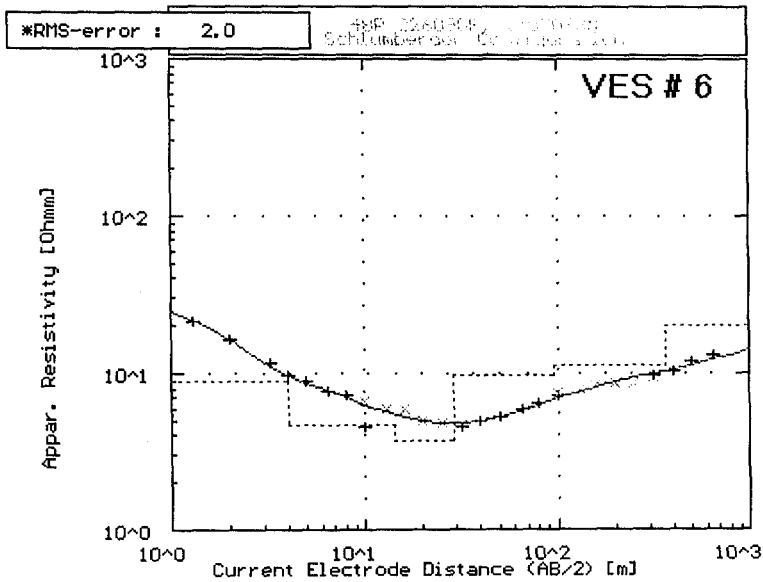
รูปที่ 32 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 5 อ. คง จ. นครราชสีมา

Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area Khong district Station: point6 226090E 1707073N Date: 07/13/01

Comment Direction N30°E

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	479.19	2247.050	21.2	50	5	777.54	360.89	2.420	5.2
2.0	0.5	11.78	593.86	838.160	16.6	65	5	1319.47	143.45	0.656	6.0
3.2	0.5	31.38	533.91	198.122	11.6	80	5	2002.77	151.38	0.483	6.4
4.0	0.5	49.48	598.54	118.416	9.8	100	5	3133.74	421.16	0.973	7.2
5.0	0.5	77.75	760.68	85.856	8.8	100	20	753.98	420.22	4.128	7.4
6.5	0.5	131.95	1005.80	58.224	7.6	130	20	1295.91	161.07	0.992	8.0
8.0	0.5	200.28	516.06	20.416	7.2	160	20	1979.20	149.55	0.633	8.4
10	0.5	313.37	399.37	5.684	4.5	200	20	3110.18	148.84	0.418	8.7
10	2	75.40	325.95	29.091	6.7	250	20	4877.32	205.12	0.366	8.7
13	2	129.59	570.02	26.373	6.0	320	20	8011.06	177.34	0.210	9.5
16	2	197.92	291.14	8.659	5.9	320	50	3138.50	177.46	0.555	9.8
20	2	311.02	384.49	6.218	5.0	400	50	4948.00	342.30	0.721	10.4
25	2	487.73	160.10	1.572	4.8	500	50	7775.40	100.58	0.153	11.8
32	2	801.11	145.98	0.849	4.7	650	50	13194.70	385.75	0.376	12.9
32	5	313.85	169.64	2.441	4.5						
40	5	494.80	175.32	1.743	4.9						



รูปที่ 33 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 6 อ. คง จ. นครราชสีมา



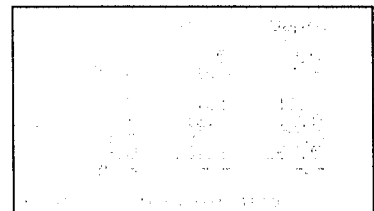
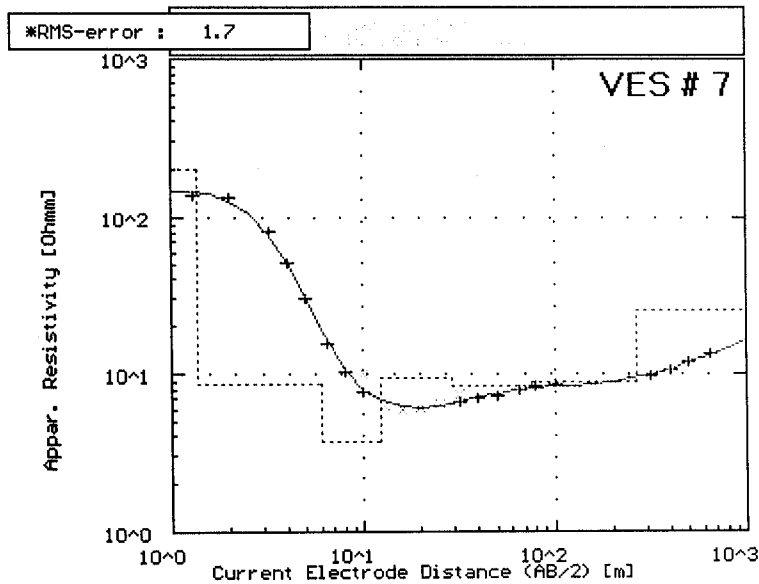
Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point7 226233E 1706724N

Date: 07/07/01

Comment Direction N55°E

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	123.87	3727.497	136.1	50	5	777.54	311.21	2.933	7.3
2.0	0.5	11.78	261.91	2987.651	134.4	65	5	1319.47	799.59	4.807	7.9
3.2	0.5	31.38	202.91	522.643	81.1	80	5	2002.77	417.42	1.726	8.3
4.0	0.5	49.48	204.82	214.417	51.8	100	5	3133.74	432.31	1.183	8.6
5.0	0.5	77.75	188.81	72.527	29.9	100	20	753.98	434.24	4.656	8.1
6.5	0.5	131.95	194.70	23.029	15.6	130	20	1295.91	915.48	5.953	8.4
8.0	0.5	200.28	261.25	13.466	10.3	160	20	1979.20	320.77	1.411	8.7
10	0.5	313.37	189.12	4.642	7.7	200	20	3110.18	355.00	1.025	9.0
10	2	75.40	191.25	25.420	10.0	250	20	4877.32	301.48	0.587	9.5
13	2	129.59	174.42	8.435	6.3	320	20	8011.06	661.62	0.815	9.9
16	2	197.92	177.18	5.329	6.0	320	50	3138.50	657.46	2.007	9.6
20	2	311.02	231.34	4.566	6.1	400	50	4948.00	260.74	0.563	10.7
25	2	487.73	340.25	4.551	6.5	500	50	7775.40	333.20	0.513	12.0
32	2	801.11	234.02	2.191	7.5	650	50	13194.70	365.50	0.369	13.3
32	5	313.85	228.04	4.857	6.7						
40	5	494.80	475.34	6.726	7.0						



รูปที่ 34 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 7 อ. คง จ. นครราชสีมา

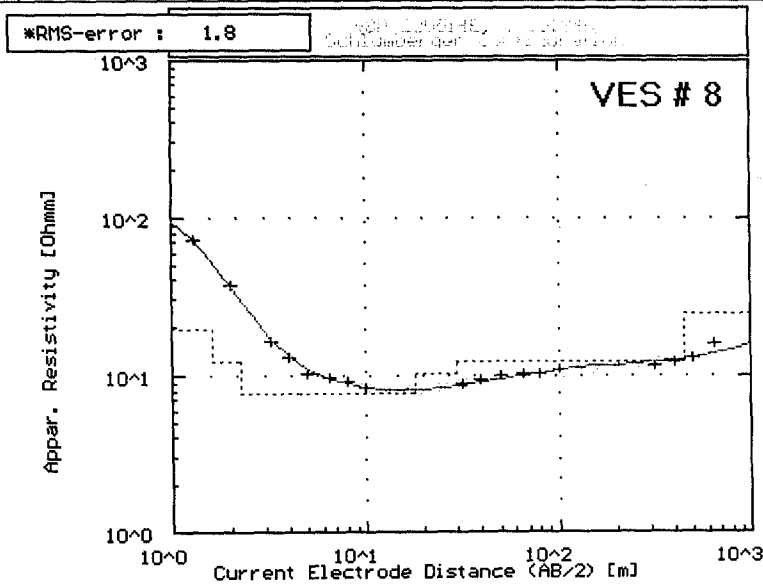
Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point8 225514N 1710134E

Date: 07/14/01

Comment Ban Don Tan Direction N50°E

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>s</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>s</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	146.10	2370.129	73.4	50	5	777.54	286.96	3.636	9.9
2.0	0.5	11.78	139.82	441.678	37.2	65	5	1319.47	120.07	0.925	10.2
3.2	0.5	31.38	122.35	63.861	16.4	80	5	2002.77	130.18	0.677	10.4
4.0	0.5	49.48	93.01	24.655	13.1	100	5	3133.74	129.92	0.446	10.8
5.0	0.5	77.75	171.06	22.590	10.3	100	20	753.98	124.68	1.702	10.3
6.5	0.5	131.95	155.64	11.289	9.6	130	20	1295.91	125.04	1.040	10.8
8.0	0.5	200.28	236.70	10.819	9.2	160	20	1979.20	111.50	0.618	11.0
10	0.5	313.37	172.05	4.637	8.4	200	20	3110.18	279.55	1.030	11.5
10	2	75.40	171.98	18.983	8.3	250	20	4877.32	166.90	0.408	11.9
13	2	129.59	176.14	11.020	8.1	320	20	8011.06	296.26	0.446	12.1
16	2	197.92	168.48	6.888	8.1	320	50	3138.50	411.17	1.502	11.5
20	2	311.02	99.97	2.532	7.9	400	50	4948.00	438.68	1.075	12.1
25	2	487.73	167.72	2.863	8.3	500	50	7775.40	295.98	0.494	13.0
32	2	801.11	290.14	3.202	8.8	650	50	13194.70	671.39	0.807	15.9
32	5	313.85	392.00	11.163	8.9						
40	5	494.80	199.85	3.853	9.5						



ρ	ρ <sub>1</sub>	ρ <sub>2</sub>	Depth
147.1	0.6	0.6	
139.8	1.6	1.6	
122.3	0.6	2.3	
93.0	2.2	4.5	
63.9	15.7	18.1	
44.2	11.9	30.0	
31.4	25.7	45.8	
22.6	...	...	

\* with smoothed data

รูปที่ 35 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 8 อ. คง จ. นครราชสีมา

Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

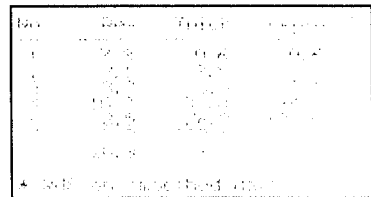
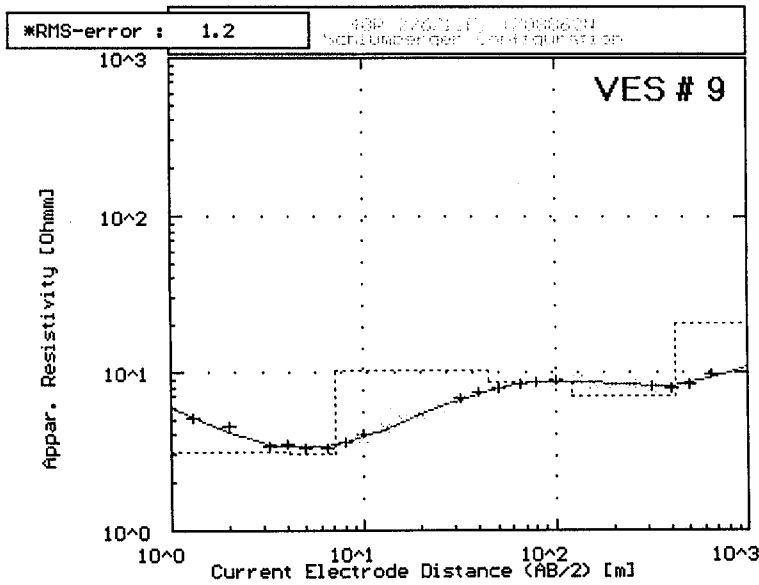
Area: Khong district Station: point9 226712N 1708862E

Date: 07/14/01

Comment

Direction N70°E

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	1050.48	1173.508	5.1	50	5	777.54	2102.30	21.343	7.9
2.0	0.5	11.78	871.94	334.509	4.5	65	5	1319.47	1291.56	8.254	8.4
3.2	0.5	31.38	919.45	99.848	3.4	80	5	2002.77	1641.22	7.153	8.7
4.0	0.5	49.48	643.04	45.271	3.5	100	5	3133.74	1862.40	5.349	9.0
5.0	0.5	77.75	648.95	27.425	3.3	100	20	753.98	1859.32	21.184	8.6
6.5	0.5	131.95	915.02	23.136	3.3	130	20	1295.91	2339.86	15.855	8.8
8.0	0.5	200.28	683.22	12.283	3.6	160	20	1979.20	2125.35	9.162	8.5
10	0.5	313.37	867.97	11.108	4.0	200	20	3110.18	499.60	1.366	8.5
10	2	75.40	851.73	43.185	3.8	250	20	4877.32	739.43	1.278	8.4
13	2	129.59	804.74	27.494	4.8	320	20	8011.06	699.52	0.696	8.0
16	2	197.92	1160.45	28.601	4.9	320	50	3138.50	694.48	1.793	8.1
20	2	311.02	1565.02	27.817	5.5	400	50	4948.00	741.99	1.190	7.9
25	2	487.73	1417.02	17.116	5.9	500	50	7775.40	1518.15	1.633	8.4
32	2	801.11	2098.80	17.352	6.6	650	50	13194.70	1248.11	0.925	9.8
32	5	313.85	2097.77	46.234	6.9						
40	5	494.80	1790.34	26.889	7.4						



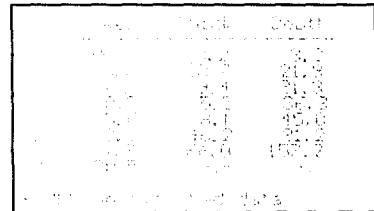
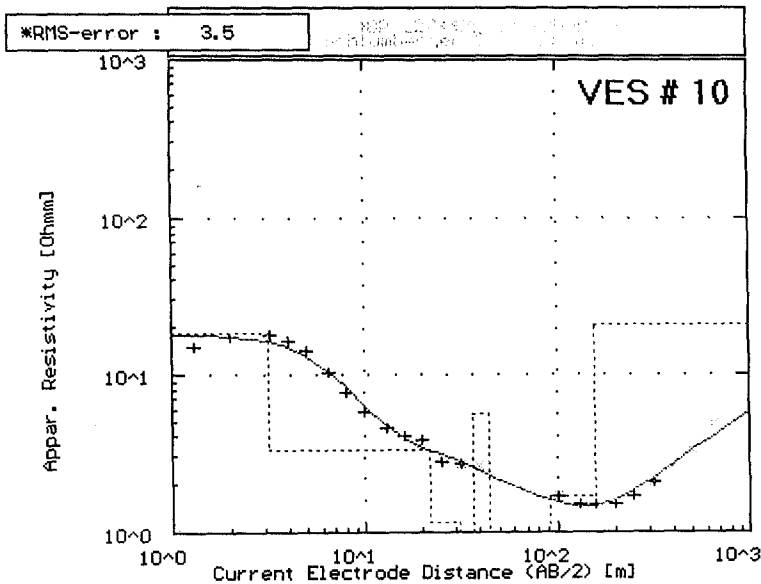
รูปที่ 36 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 9 อ. คง จ. นครราชสีมา

Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point10 227470N 1701950E Date: 07/15/01

Comment.....

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	1091.79	3597.264	14.9	50	5	777.54	159.61	0.433	2.1
2.0	0.5	11.78	696.43	1032.589	17.5	65	5	1319.47	884.14	1.291	1.9
3.2	0.5	31.38	407.59	232.310	17.9	80	5	2002.77	888.91	0.685	1.5
4.0	0.5	49.48	199.49	66.380	16.5	100	5	3133.74	847.65	0.458	1.7
5.0	0.5	77.75	332.59	60.791	14.2	100	20	753.98	854.36	1.963	1.7
6.5	0.5	131.95	230.55	18.118	10.4	130	20	1295.91	1412.87	1.667	1.5
8.0	0.5	200.28	271.31	10.479	7.7	160	20	1979.20	978.92	0.728	1.5
10	0.5	313.37	421.02	7.814	5.8	200	20	3110.18	796.59	0.355	1.5
10	2	75.40	395.50	30.329	5.8	250	20	4877.32	901.08	0.315	1.7
13	2	129.59	495.37	17.126	4.5	320	20	8011.06	1377.41	0.367	2.1
16	2	197.92	619.80	12.816	4.1	320	50	3138.50	1379.37	0.931	2.1
20	2	311.02	684.07	8.454	3.8	400	50	4948.00	1033.46	0.553	2.6
25	2	487.73	582.00	5.013	2.8	500	50	7775.40	331.97	0.141	3.0
32	2	801.11	684.06	2.310	2.7	650	50	13194.70	785.07	0.284	4.8
32	5	313.85	676.74	5.905	2.7						
40	5	494.80	1012.33	5.219	2.6						



รูปที่ 37 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 10 อ. คง จ. นครราชสีมา

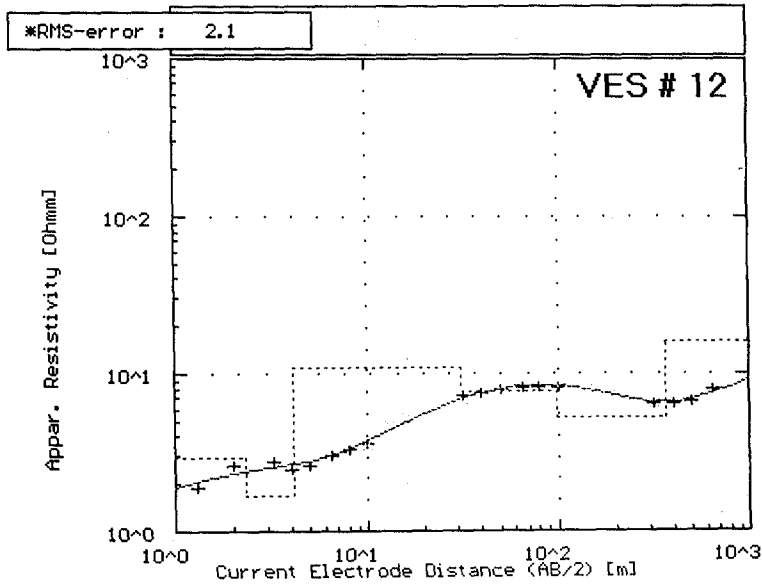


Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point12 226965N 1700900E Date:07/19/01

Comment: Direction N45°E

AB/2	MN/2	K	l	V <sub>s</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	l	V <sub>s</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	2156.30	927.251	1.9	50	5	777.54	2180.52	22.266	7.9
2.0	0.5	11.78	1525.60	331.181	2.6	65	5	1319.47	1947.88	12.157	8.2
3.2	0.5	31.38	786.41	71.087	2.8	80	5	2002.77	2031.42	8.199	8.1
4.0	0.5	49.48	1992.98	101.516	2.5	100	5	3133.74	2111.32	5.467	8.1
5.0	0.5	77.75	1962.91	66.624	2.6	100	20	753.98	2062.47	22.128	8.1
6.5	0.5	131.95	1620.32	37.208	3.0	130	20	1295.91	2129.12	13.282	8.1
8.0	0.5	200.28	1639.52	26.889	3.3	160	20	1979.20	1940.75	7.722	7.9
10	0.5	313.37	2256.82	25.744	3.6	200	20	3110.18	1747.34	4.239	7.5
10	2	75.40	2258.12	103.467	3.5	250	20	4877.32	2188.67	3.202	7.1
13	2	129.59	2112.11	77.129	4.7	320	20	8011.06	1710.58	1.359	6.4
16	2	197.92	1962.54	52.221	5.3	320	50	3138.50	1810.13	3.738	6.5
20	2	311.02	2125.17	39.828	5.8	400	50	4948.00	1975.99	2.558	6.4
25	2	487.73	2158.87	28.393	6.4	500	50	7775.40	1973.98	1.674	6.6
32	2	801.11	1852.58	16.041	6.9	650	50	13194.70	1808.06	1.101	8.0
32	5	313.85	1611.39	36.795	7.2						
40	5	494.80	1267.19	19.286	7.5						



AB/2	MN/2	K	l	V <sub>s</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	2156.30	927.251	1.9
2.0	0.5	11.78	1525.60	331.181	2.6
3.2	0.5	31.38	786.41	71.087	2.8
4.0	0.5	49.48	1992.98	101.516	2.5
5.0	0.5	77.75	1962.91	66.624	2.6
6.5	0.5	131.95	1620.32	37.208	3.0
8.0	0.5	200.28	1639.52	26.889	3.3
10	0.5	313.37	2256.82	25.744	3.6
10	2	75.40	2258.12	103.467	3.5
13	2	129.59	2112.11	77.129	4.7
16	2	197.92	1962.54	52.221	5.3
20	2	311.02	2125.17	39.828	5.8
25	2	487.73	2158.87	28.393	6.4
32	2	801.11	1852.58	16.041	6.9
32	5	313.85	1611.39	36.795	7.2
40	5	494.80	1267.19	19.286	7.5

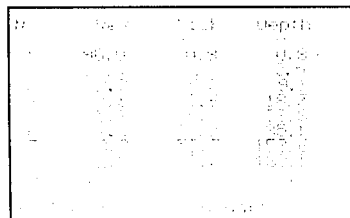
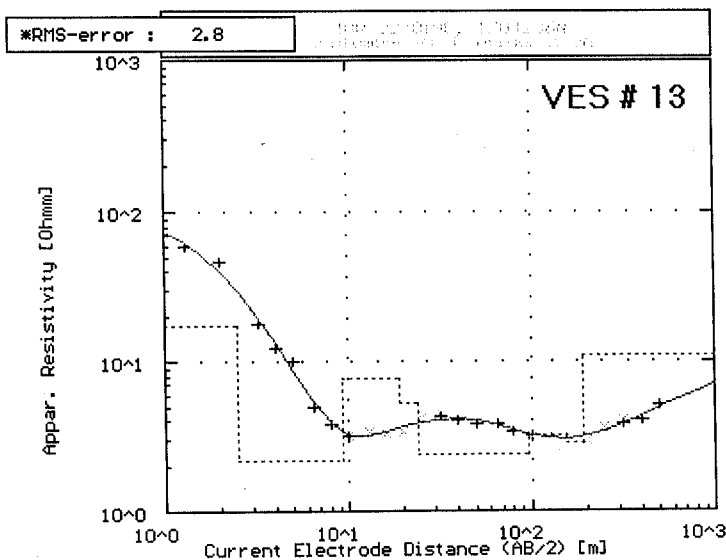
รูปที่ 39 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 12 อ. คง จ. นครราชสีมา

Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point13 227019N 1704236E Date: 07/19/01

Comment: Direction N40°E

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	238.10	3129.877	59.5	50	5	777.54	612.60	2.956	3.8
2.0	0.5	11.78	196.41	669.714	46.6	65	5	1319.47	1920.44	5.507	3.8
3.2	0.5	31.38	278.13	158.537	17.9	80	5	2002.77	1211.44	2.043	3.4
4.0	0.5	49.48	258.60	63.024	12.1	100	5	3133.74	903.98	0.925	3.2
5.0	0.5	77.75	316.15	40.593	10.0	100	20	753.98	912.67	3.738	3.1
6.5	0.5	131.95	350.83	13.297	5.0	130	20	1295.91	1331.43	3.333	3.2
8.0	0.5	200.28	195.72	3.700	3.8	160	20	1979.20	1848.67	2.981	3.2
10	0.5	313.37	297.77	3.066	3.2	200	20	3110.18	1079.51	0.994	2.9
10	2	75.40	278.96	11.683	3.2	250	20	4877.32	644.43	0.470	3.6
13	2	129.59	194.49	5.093	3.4	320	20	8011.06	340.42	0.174	4.1
16	2	197.92	681.54	11.528	3.3	320	50	3138.50	342.46	0.415	3.8
20	2	311.02	621.25	6.764	3.4	400	50	4948.00	317.09	0.262	4.1
25	2	487.73	1162.48	10.061	4.2	500	50	7775.40	1217.18	0.801	5.1
32	2	801.11	706.11	3.943	4.5						
32	5	313.85	826.41	11.280	4.3						
40	5	494.80	689.02	5.697	4.1						



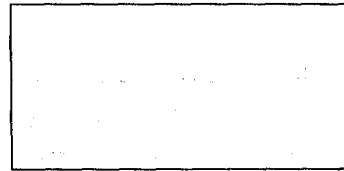
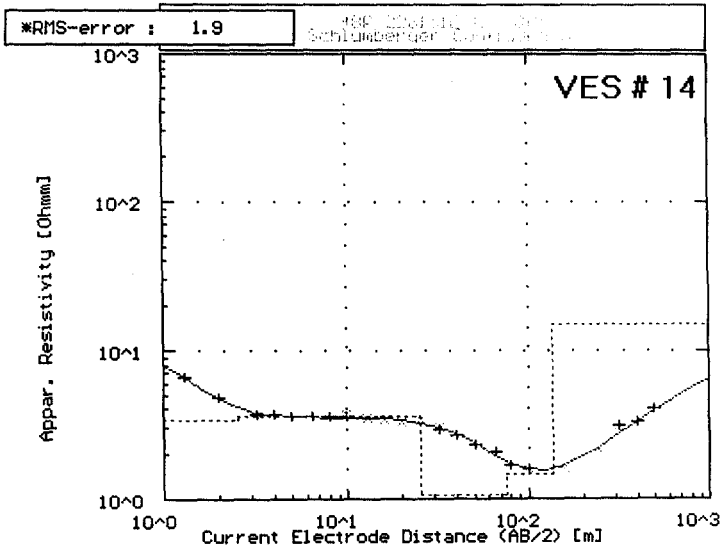
รูปที่ 40 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 13 อ. คง จ. นครราชสีมา

Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point14 228151N 1704815E Date: 07/19/01

Comment: Direction N65°E

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	317.43	426.230	6.6	50	5	777.54	222.76	0.646	2.3
2.0	0.5	11.78	270.23	110.305	4.8	65	5	1319.47	929.09	1.457	2.1
3.2	0.5	31.38	426.18	50.671	3.7	80	5	2002.77	800.84	0.194	1.7
4.0	0.5	49.48	472.95	34.990	3.7	100	5	3133.74	570.06	0.296	1.6
5.0	0.5	77.75	669.34	31.142	3.6	100	20	753.98	598.88	1.256	1.6
6.5	0.5	131.95	511.98	14.150	3.6	130	20	1295.91	192.84	0.255	1.7
8.0	0.5	200.28	582.33	10.529	3.6	160	20	1979.20	1732.00	1.385	1.6
10	0.5	313.37	654.13	7.613	3.6	200	20	3110.18	1039.23	0.596	1.8
10	2	75.40	650.21	31.767	3.7	250	20	4877.32	373.67	0.157	2.1
13	2	129.59	1363.22	36.793	3.5	320	20	8011.06	235.77	0.091	3.1
16	2	197.92	1505.02	25.394	3.4	320	50	3138.50	117.63	0.093	2.5
20	2	311.02	1204.33	12.794	3.3	400	50	4948.00	923.16	0.622	3.3
25	2	487.73	421.40	2.988	3.4	500	50	7775.40	1029.48	0.544	4.1
32	2	801.11	355.63	1.316	3.0						
32	5	313.85	360.22	3.293	2.9						
40	5	494.80	1034.84	5.636	2.7						



รูปที่ 41 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 14 อ. คง จ. นครราชสีมา

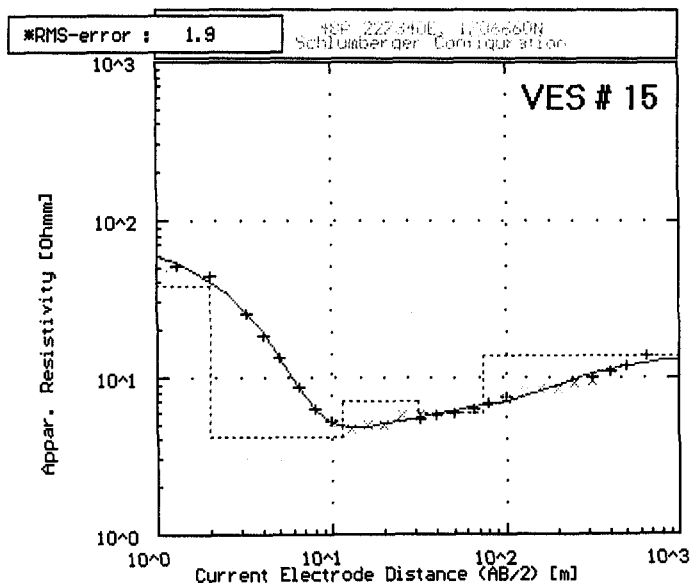


Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point15 227340N 1706660E Date: 07/20/01

Comment: Direction N48°E

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	294.74	3358.140	51.5	50	5	777.54	847.51	6.452	5.9
2.0	0.5	11.78	236.90	880.409	43.8	65	5	1319.47	645.91	3.090	6.3
3.2	0.5	31.38	234.76	191.212	25.6	80	5	2002.77	1003.73	3.443	6.9
4.0	0.5	49.48	212.07	79.865	18.6	100	5	3133.74	830.86	1.976	7.5
5.0	0.5	77.75	176.90	30.282	13.3	100	20	753.98	825.24	7.932	7.2
6.5	0.5	131.95	211.46	13.758	8.6	130	20	1295.91	456.54	2.839	8.1
8.0	0.5	200.28	116.98	3.685	6.3	160	20	1979.20	512.06	2.184	8.4
10	0.5	313.37	175.62	2.966	5.3	200	20	3110.18	650.53	1.848	8.8
10	2	75.40	172.96	11.702	5.1	250	20	4877.32	187.36	0.353	9.2
13	2	129.59	175.20	6.385	4.7	320	20	8011.06	478.55	0.564	9.4
16	2	197.92	196.45	4.826	4.9	320	50	3138.50	472.86	1.522	10.1
20	2	311.02	271.84	4.392	5.0	400	50	4948.00	615.80	1.351	10.9
25	2	487.73	339.52	3.041	5.7	500	50	7775.40	190.25	0.291	11.9
32	2	801.11	515.79	3.710	5.8	650	50	13194.70	197.00	0.206	13.8
32	5	313.85	593.56	8.686	5.4						
40	5	494.80	821.54	9.511	5.7						



No.	Res	Track	Depth
1	28.1	0.4	2.6
2	38.1	0.4	2.0
3	4.1	1.4	11.4
4	7.0	1.4	26.4
5	16.0	4.4	28.4
6	18.9	4.4	28.4

\* RMS on smoothed data

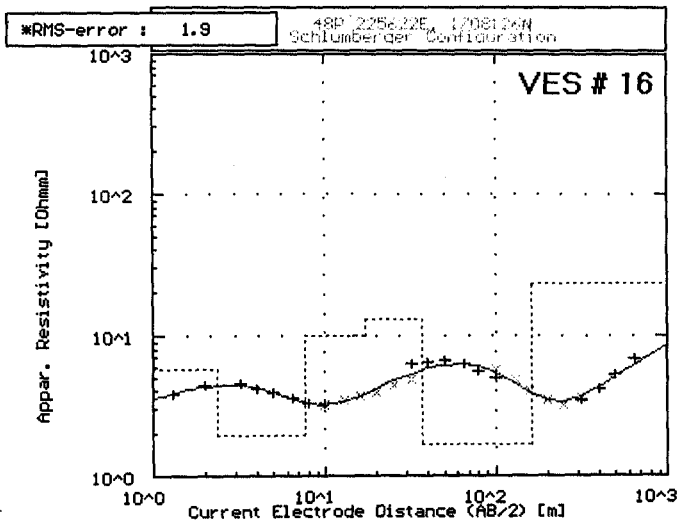
รูปที่ 42 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 15 อ. คง จ. นครราชสีมา

Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point16 225622N 1708162E Date: 07/20/01

Comment: .....

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	1036.45	859.351	3.8	50	5	777.54	1002.96	10.271	6.6
2.0	0.5	11.78	756.92	280.793	4.4	65	5	1319.47	1079.46	5.083	6.2
3.2	0.5	31.38	806.90	118.718	4.6	80	5	2002.77	1011.16	2.832	5.6
4.0	0.5	49.48	400.51	33.809	4.2	100	5	3133.74	1681.28	2.693	5.0
5.0	0.5	77.75	524.92	26.565	3.9	100	20	753.98	1678.09	12.937	5.8
6.5	0.5	131.95	610.81	16.773	3.6	130	20	1295.91	795.31	2.930	4.8
8.0	0.5	200.28	872.07	14.167	3.3	160	20	1979.20	1537.08	3.132	4.0
10	0.5	313.37	1353.01	14.315	3.3	200	20	3110.18	2256.09	2.518	3.5
10	2	75.40	1350.79	56.760	3.2	250	20	4877.32	2085.05	1.371	3.2
13	2	129.59	1015.15	27.754	3.5	320	20	8011.06	971.81	0.435	3.6
16	2	197.92	945.10	17.760	3.7	320	50	3138.50	970.44	1.097	3.5
20	2	311.02	926.52	11.611	3.9	400	50	4948.00	2307.43	1.953	4.2
25	2	487.73	853.61	7.696	4.4	500	50	7775.40	807.92	0.547	5.3
32	2	801.11	1581.63	9.422	4.8	650	50	13194.70	1181.63	0.622	6.9
32	5	313.85	1627.61	32.519	6.3						
40	5	494.80	1478.46	19.262	6.4						



No.	Res	Track	Depth
1	0.5	0.5	0.5
2	1.3	1.3	1.3
3	2.0	2.0	2.0
4	3.2	3.2	3.2
5	4.0	4.0	4.0
6	5.0	5.0	5.0
7	6.5	6.5	6.5
8	8.0	8.0	8.0
9	10	10	10
10	10	2	2
11	13	2	2
12	16	2	2
13	20	2	2
14	25	2	2
15	32	2	2
16	32	5	5
17	40	5	5

\* RMS on smoothed data

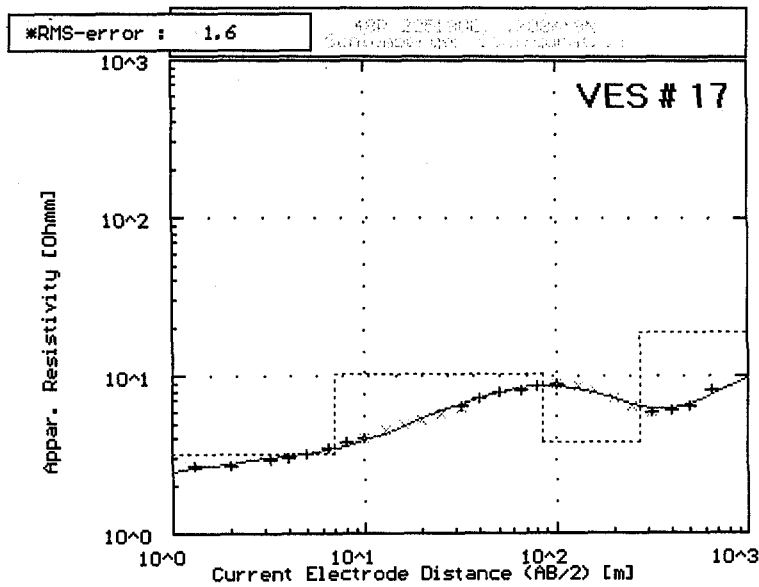
รูปที่ 43 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 16 อ. คง จ. นครราชสีมา

Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point17 225180N 1708619E Date: 07/20/01

Comment: .....

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	1171.39	704.678	2.7	50	5	777.54	1456.46	14.725	7.9
2.0	0.5	11.78	1341.16	311.819	2.7	65	5	1319.47	1527.61	9.546	8.2
3.2	0.5	31.38	1046.57	95.412	2.9	80	5	2002.77	1151.84	4.973	8.6
4.0	0.5	49.48	930.93	56.906	3.0	100	5	3133.74	1166.70	3.259	8.8
5.0	0.5	77.75	776.72	31.837	3.2	100	20	753.98	1161.34	13.880	9.0
6.5	0.5	131.95	1126.45	29.901	3.5	130	20	1295.91	1698.75	11.396	8.7
8.0	0.5	200.28	1103.13	20.909	3.8	160	20	1979.20	1633.94	6.771	8.2
10	0.5	313.37	1036.64	13.456	4.1	200	20	3110.18	2019.33	4.747	7.3
10	2	75.40	881.78	48.013	4.1	250	20	4877.32	1439.85	1.905	6.5
13	2	129.59	973.31	33.875	4.5	320	20	8011.06	1755.07	1.309	6.0
16	2	197.92	647.45	16.046	4.9	320	50	3138.50	1746.19	3.314	6.0
20	2	311.02	1189.77	19.894	5.2	400	50	4948.00	1460.15	1.793	6.1
25	2	487.73	1244.02	14.739	5.8	500	50	7775.40	965.49	0.801	6.5
32	2	801.11	1302.68	10.296	6.3	650	50	13194.70	401.14	0.248	8.2
32	5	313.85	1293.52	26.877	6.5						
40	5	494.80	1366.78	19.753	7.2						



1	0.5	4.53	1171.39	704.678	2.7
2	0.5	11.78	1341.16	311.819	2.7
3	0.5	31.38	1046.57	95.412	2.9
4	0.5	49.48	930.93	56.906	3.0
5	0.5	77.75	776.72	31.837	3.2

\* RMS on smoothed data

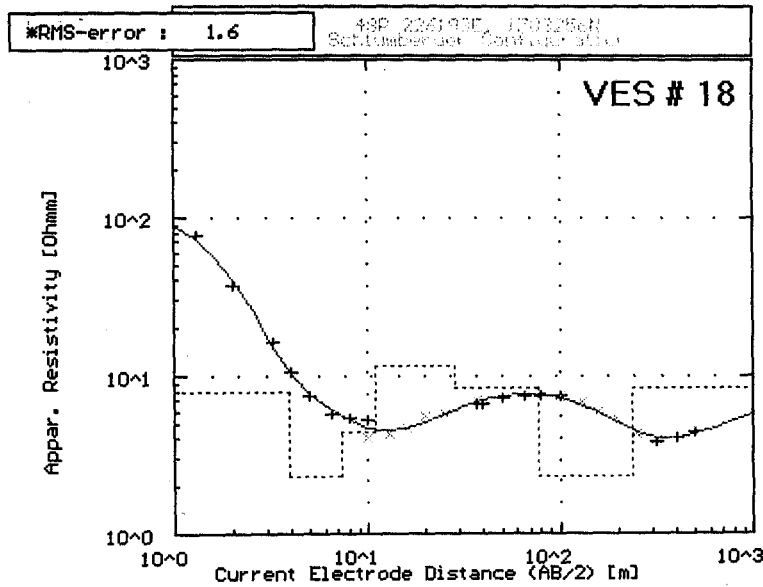
รูปที่ 44 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 17 อ. คง จ. นครราชสีมา

Geophysical Exploration (Electrical Resistivity)

Area: Khong district Station: point18 226193N 1703256E Date: 07/20/01

Comment:.....

AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES	AB/2	MN/2	K	I	V <sub>x</sub>	RES
1.3	0.5	4.53	34.52	580.940	76.1	50	5	777.54	131.77	1.205	7.2
2.0	0.5	11.78	26.37	84.105	37.6	65	5	1319.47	116.88	0.665	7.5
3.2	0.5	31.38	46.61	24.035	16.2	80	5	2002.77	255.08	0.942	7.4
4.0	0.5	49.48	117.15	25.177	10.6	100	5	3133.74	120.08	0.286	7.5
5.0	0.5	77.75	33.04	3.181	7.5	100	20	753.98	127.28	1.186	7.4
6.5	0.5	131.95	26.60	1.161	5.8	130	20	1295.91	182.75	0.961	6.8
8.0	0.5	200.28	30.20	0.826	5.5	160	20	1979.20	315.12	0.952	6.0
10	0.5	313.37	43.77	0.738	5.3	200	20	3110.18	310.48	0.517	5.2
10	2	75.40	43.88	2.389	4.1	250	20	4877.32	325.66	0.288	4.3
13	2	129.59	146.38	4.888	4.3	320	20	8011.06	729.52	0.359	3.9
16	2	197.92	100.50	2.375	4.7	320	50	3138.50	730.30	0.887	3.8
20	2	311.02	171.11	3.088	5.6	400	50	4948.00	424.02	0.345	4.0
25	2	487.73	249.20	2.944	5.8	500	50	7775.40	373.08	0.210	4.4
32	2	801.11	221.60	1.454	7.0						
32	5	313.85	214.41	3.386	6.7						
40	5	494.80	157.35	2.548	6.7						

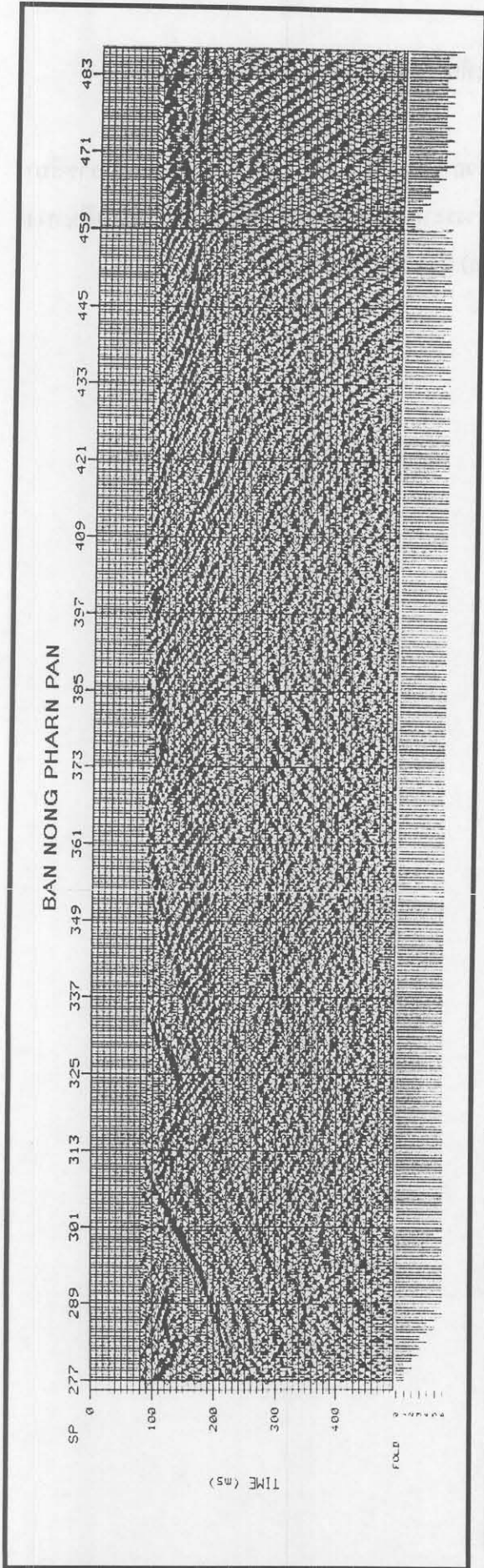


No.	Dist	Time	Depth
1	110.8	0.8	10.0
2	130.0	0.8	10.0
3	150.0	0.8	10.0
4	170.0	0.8	10.0
5	190.0	0.8	10.0
6	210.0	0.8	10.0
7	230.0	0.8	10.0
8	250.0	0.8	10.0
9	270.0	0.8	10.0
10	290.0	0.8	10.0
11	310.0	0.8	10.0
12	330.0	0.8	10.0
13	350.0	0.8	10.0
14	370.0	0.8	10.0
15	390.0	0.8	10.0
16	410.0	0.8	10.0
17	430.0	0.8	10.0
18	450.0	0.8	10.0
19	470.0	0.8	10.0
20	490.0	0.8	10.0
21	510.0	0.8	10.0
22	530.0	0.8	10.0
23	550.0	0.8	10.0
24	570.0	0.8	10.0
25	590.0	0.8	10.0
26	610.0	0.8	10.0
27	630.0	0.8	10.0
28	650.0	0.8	10.0
29	670.0	0.8	10.0
30	690.0	0.8	10.0
31	710.0	0.8	10.0
32	730.0	0.8	10.0
33	750.0	0.8	10.0
34	770.0	0.8	10.0
35	790.0	0.8	10.0
36	810.0	0.8	10.0
37	830.0	0.8	10.0
38	850.0	0.8	10.0
39	870.0	0.8	10.0
40	890.0	0.8	10.0
41	910.0	0.8	10.0
42	930.0	0.8	10.0
43	950.0	0.8	10.0
44	970.0	0.8	10.0
45	990.0	0.8	10.0
46	1010.0	0.8	10.0
47	1030.0	0.8	10.0
48	1050.0	0.8	10.0
49	1070.0	0.8	10.0
50	1090.0	0.8	10.0
51	1110.0	0.8	10.0
52	1130.0	0.8	10.0
53	1150.0	0.8	10.0
54	1170.0	0.8	10.0
55	1190.0	0.8	10.0
56	1210.0	0.8	10.0
57	1230.0	0.8	10.0
58	1250.0	0.8	10.0
59	1270.0	0.8	10.0
60	1290.0	0.8	10.0
61	1310.0	0.8	10.0
62	1330.0	0.8	10.0
63	1350.0	0.8	10.0
64	1370.0	0.8	10.0
65	1390.0	0.8	10.0
66	1410.0	0.8	10.0
67	1430.0	0.8	10.0
68	1450.0	0.8	10.0
69	1470.0	0.8	10.0
70	1490.0	0.8	10.0
71	1510.0	0.8	10.0
72	1530.0	0.8	10.0
73	1550.0	0.8	10.0
74	1570.0	0.8	10.0
75	1590.0	0.8	10.0
76	1610.0	0.8	10.0
77	1630.0	0.8	10.0
78	1650.0	0.8	10.0
79	1670.0	0.8	10.0
80	1690.0	0.8	10.0
81	1710.0	0.8	10.0
82	1730.0	0.8	10.0
83	1750.0	0.8	10.0
84	1770.0	0.8	10.0
85	1790.0	0.8	10.0
86	1810.0	0.8	10.0
87	1830.0	0.8	10.0
88	1850.0	0.8	10.0
89	1870.0	0.8	10.0
90	1890.0	0.8	10.0
91	1910.0	0.8	10.0
92	1930.0	0.8	10.0
93	1950.0	0.8	10.0
94	1970.0	0.8	10.0
95	1990.0	0.8	10.0
96	2010.0	0.8	10.0
97	2030.0	0.8	10.0
98	2050.0	0.8	10.0
99	2070.0	0.8	10.0
100	2090.0	0.8	10.0

รูปที่ 45 ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดสำรวจที่ 18 อ. คง จ. นครราชสีมา

### 3.3.2 ผลการสำรวจทางด้านคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับ

ผลการสำรวจทางด้านคลื่นไหวสะเทือนตามแนวสำรวจ A-B ในบริเวณพื้นที่ อ. คง จ. นครราชสีมา ได้ผลการสำรวจดังแสดงได้ในลักษณะของภาพตัดขวางระหว่างแกนของเวลาที่คลื่นใช้ในการเดินทาง (milli second) ในแนวตั้ง กับระยะทางในแนวนอน (m) ดังแสดงได้ในรูปที่ 46



E \ VE ← FK STK

<p><b>RECORDING PARAMETERS</b></p> <p>NO. OF STATIONS: 12              DATE: 12/12/81              TIME: 10:00 AM              SURFACE: 100 M              SURFACE: 100 M              SURFACE: 100 M              SURFACE: 100 M</p>	<p><b>PROCESSING SEQUENCE</b></p> <p>01. INPUT (111) 10000              02. DATA              03. DATA              04. DATA              05. DATA              06. DATA              07. DATA              08. DATA              09. DATA              10. DATA              11. DATA              12. DATA              13. DATA              14. DATA              15. DATA              16. DATA              17. DATA              18. DATA              19. DATA              20. DATA              21. DATA              22. DATA              23. DATA              24. DATA              25. DATA              26. DATA              27. DATA              28. DATA              29. DATA              30. DATA              31. DATA              32. DATA              33. DATA              34. DATA              35. DATA              36. DATA              37. DATA              38. DATA              39. DATA              40. DATA              41. DATA              42. DATA              43. DATA              44. DATA              45. DATA              46. DATA              47. DATA              48. DATA              49. DATA              50. DATA              51. DATA              52. DATA              53. DATA              54. DATA              55. DATA              56. DATA              57. DATA              58. DATA              59. DATA              60. DATA              61. DATA              62. DATA              63. DATA              64. DATA              65. DATA              66. DATA              67. DATA              68. DATA              69. DATA              70. DATA              71. DATA              72. DATA              73. DATA              74. DATA              75. DATA              76. DATA              77. DATA              78. DATA              79. DATA              80. DATA              81. DATA              82. DATA              83. DATA              84. DATA              85. DATA              86. DATA              87. DATA              88. DATA              89. DATA              90. DATA              91. DATA              92. DATA              93. DATA              94. DATA              95. DATA              96. DATA              97. DATA              98. DATA              99. DATA              100. DATA</p>
<p><b>DISPLAY PARAMETERS</b></p> <p>SECTION: 01              SURFACE: 100 M              SURFACE: 100 M              SURFACE: 100 M              SURFACE: 100 M</p>	<p style="text-align: center;">Survey Engineering Ltd Partnership</p>

รูปที่ 46 Seismic Time Section บริเวณพื้นที่ บ้านหนองพรานปาน อ.คง จ. นครราชสีมา และคำอธิบาย

## บทที่ 4

### บทสรุป

#### 4.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการแปลความหมายภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยการศึกษาถึงลักษณะของบริเวณที่เกิดการทรุดตัวของแผ่นดินที่เกิดขึ้นจริง เช่น บริเวณบ้านวัง อ. ด่านขุนทด และบริเวณ บ้านหนองพราน ปาน อ. คง จ. นครราชสีมา พบว่าบริเวณที่มักจะเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินมักจะเกิดอยู่ในบริเวณที่เห็นได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมเป็นสีขาวซึ่งเป็นบริเวณที่มีความแห้งแล้ง ดินมีเนื้อละเอียด และมีคราบเกลือที่ผิวดินในปริมาณมากและมักเกิดในบริเวณที่เป็นร่องหรือแนวของ โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เห็นเป็นเส้นตรง ได้แก่กลุ่มของ รอยแตกของหิน รอยแยกของหิน และรอยเลื่อน โดยเกลือที่เห็นอยู่ตามผิวดินนี้เป็นเกลือที่ถูกน้ำใต้ดินนำขึ้นมาจากชั้นเกลือหินที่อยู่ในหมวดหินมหาสารคามที่อยู่ลึกลงไปด้านล่าง

ผลจากการศึกษาลักษณะของหลุมยุบซึ่งเป็นหลักฐานหนึ่งของบริเวณที่มีการเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินจากภาพถ่ายจากดาวเทียมสามารถจำแนกชนิดของหลุมยุบที่ปรากฏในบริเวณพื้นที่บริเวณ อ. คง อ. บัวใหญ่ บริเวณทิศตะวันตกของ อ. ประทาย จ. นครราชสีมา รวมทั้งบริเวณ อ. พล จ.ขอนแก่น และบางส่วนของ อ. คอนสวรรค์ จ. ชัยภูมิ ภายในแอ่งโคราชได้ 3 ลักษณะ คือ

1. หลุมยุบที่เกิดบริเวณรอยแตกของหิน เช่นที่เกิดขึ้นที่ บ้านเก่า อ. โนนแดง จังหวัดนครราชสีมา
2. หลุมยุบที่เกิดบริเวณใกล้แม่น้ำ เช่นที่เกิดขึ้นที่ บ้านหนองโก อ. คอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ
3. หลุมยุบที่เกิดบริเวณต้นน้ำ ลำธาร เช่นบริเวณที่เกิดขึ้นที่บ้านโคกสว่าง อ. บัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา

ผลจากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ทั้งจากการสำรวจทางด้านความต้านทานไฟฟ้าในแนวดิ่ง และการสำรวจทางด้านคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับถึงโครงสร้างและการเรียงลำดับชั้นหินของบริเวณที่เลือกนำมาศึกษาคือ บริเวณ อ. คง จ. นครราชสีมา ก็บ่งบอกว่าบริเวณที่เห็นเป็นสีขาวและอยู่ในบริเวณที่เห็นในภาพถ่ายจากดาวเทียมเป็นโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เห็นเป็นเส้นตรงนั้นจะมีชั้นเกลือหินอยู่ด้านล่างในระดับตื้นลึกลงไปไม่เกิน 80 เมตร ซึ่งจากการที่มีชั้นเกลือหินอยู่ใน

ระดับต้นและอยู่ในร่องของ โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เห็นเป็นเส้นตรงนี้ก็มีผลต่อการที่เกลือเหล่านี้ จะถูกละลายโดยน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินและถูกนำพาไปสะสมตัวที่อื่นตามทิศทางการไหลของน้ำใต้ ดินดังกล่าวทำให้เกิดหินที่เคຍอยู่ด้านใต้และรองรับชั้นดินหรือชั้นหินด้านบนหายไปเกิดเป็นโพรง ขึ้นภายในชั้นเกลือหินเหล่านี้และถ้ำน้ำหนักที่กดทับอยู่ด้านบนมากเกินไปกว่าความแข็งแรงของหลังคา ของชั้นเกลือหินจะทนรับน้ำหนักได้ ชั้นดินหรือชั้นหินที่อยู่ด้านบนก็จะถล่มตัวหรือทรุดตัวลงมา

ผลจากการศึกษาความหนาแน่นความหนาแน่นของ โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรง ตามความยาวรวมในหนึ่งหน่วยพื้นที่ และการศึกษาความหนาแน่นของ โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงตามความถี่ของการตัดกันของ โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ และนำมาสร้างเป็นแผนที่ทั้งสองแบบพบว่าในบริเวณที่มองเห็นเป็นสีขาวในภาพถ่ายจากดาวเทียมก็ จะเป็นบริเวณที่มีความหนาแน่นของ โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงทั้งแบบตามความยาว รวมและทั้งแบบตามความถี่ของการตัดกันอยู่มาก ทำให้พอจะสรุปได้ว่าบริเวณที่มีความหนาแน่น ของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงทั้งแบบตามความยาวรวมในหนึ่งหน่วยพื้นที่ และตาม ความถี่ของการตัดกันของ โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เป็นบริเวณที่ชั้น ดินหรือชั้นหินมีความเปราะเกิดการแตกออกจากกันได้ง่าย ทำให้น้ำใต้ดินหรือที่ผิวดินมีโอกาสลงไป ละลายเอาเกลือหินที่อยู่ด้านใต้และพัดพาไปสะสมตัวทั้งที่ระดับผิวดินและในใต้ดินในบริเวณอื่นได้มาก

ในการวิจัยนี้จึงได้จัดแบ่งบริเวณที่คาดว่าอาจจะเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินตามระดับของ ความเสี่ยงบนพื้นฐานของความหนาแน่นของ โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นทั้งแบบตามความ ยาวรวมและทั้งแบบตามความถี่ของการตัดกันของบริเวณภาคอีสานตอนใต้ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. บริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินสูง
2. บริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินปานกลาง
3. บริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินต่ำ

#### 1. บริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินสูง

โดยที่บริเวณที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ได้แก่ บริเวณ บ้านหนองม่วง อ. ประทาย บ้านโนนสัง

อ. บัวใหญ่ พื้นที่ทางตอนใต้และทางตะวันออกของ อ. คง จ. นครราชสีมา และพื้นที่ทางตะวันตก ของ อ. พล จ. ขอนแก่น



2. บริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินปานกลาง

บริเวณที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 2 ได้แก่บริเวณ พื้นที่ทางตอนเหนือของ อ. บัวใหญ่ จ. นครราชสีมา และพื้นที่ทางตะวันออกของ อ. พล จ. ขอนแก่น

3. บริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการทรุดตัวของแผ่นดินต่ำ

บริเวณที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 3 ได้แก่บริเวณ อ. คอนสวรรค์ จ. ชัยภูมิ ทางพื้นที่ทางตอนใต้ของ อ. พล จ. ขอนแก่น

#### 4.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลประกอบในการวิเคราะห์จากหลาย ๆ ด้าน ทั้งทางธรณีวิทยา ธรณีฟิสิกส์ และจากการแปลความหมายด้วยสายตาจากภาพถ่ายจากดาวเทียม แต่ก็เป็นการสำรวจในลักษณะเป็นวงกว้างและเจาะจงเพียงบางพื้นที่เท่านั้นเนื่องด้วยงบประมาณและเวลาอันจำกัด แต่อย่างไรก็ดีผลจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์เพิ่มเติมในพื้นที่อื่น ๆ เพื่อช่วยยืนยันลักษณะของโครงสร้างทางธรณีที่อยู่ใต้ผิวดินก็จะมีส่วนช่วยได้มากในการที่จะทำให้ผลของการใช้วิธีการวิจัยในลักษณะนี้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ก็ต้องอาศัยงบประมาณและเวลาที่มากขึ้นด้วยเช่นกัน

## บรรณานุกรม

- ดาราศรี ดาวเรือง (2533). รีโมทเซนซิงพื้นฐาน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 164 หน้า
- นเรศ สัตยารักษ์ และคณะ (2530). อิทธิพลของชั้นเกลือหินที่มีต่อน้ำใต้ดินในภาคอีสาน. การประชุมวิชาการ ในการประชุมใหญ่สามัญประจำปี 2530. สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ. 75 หน้า
- นเรศ สัตยารักษ์ และทรงภพ พลจันทร์ (2533). เกลือหินใต้ที่ราบสูงโคราช. การประชุมวิชาการกรมทรัพยากรธรณี ประจำปี 2533: กรุงเทพฯ. 14 หน้า
- ปกรณ์ สุวานิช (2521). แร่โปแทชภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. เอกสารเศรษฐกิจธรณีวิทยา เล่มที่ 22. กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- เพียงตา สาตย์รักษ์ และคณะ (2544). การประเมินวิธีสำรวจโดยการประยุกต์ทางธรณีฟิสิกส์เพื่อตรวจสอบโครงสร้างและชั้นเกลือหินใต้ผิวดิน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่าย. ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 104 หน้า
- สมพร สว่างศรี (2543). รีโมทเซนซิงเบื้องต้นและกรณีศึกษา รีโมทเซนซิง. ภาควิชาภูมิศาสตร์. คณะสังคมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 243 หน้า
- สืบศักดิ์ สกลโกศล (2544). การตรวจสอบหลุมยุบในแปลงสาธิตเพื่อปรับปรุงสภาพดินเค็มของโครงการพระราชดำริ ตำบลหนองกิ้ง อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร. กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา. กรมทรัพยากรธรณี. กรุงเทพฯ. 154 หน้า
- อติชาติ สุรินทร์คำ (2543). รายงานความก้าวหน้าสาเหตุของแผ่นดินทรุด บริเวณบ้านวัง อำเภอนนไทย จังหวัดนครราชสีมา. กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา. กรมทรัพยากรธรณี: กรุงเทพฯ. 47 หน้า
- Allen, A.S. (1969). Geologic settings of subsidence, in *Reviews in Engineering Geology* V. II Geol. Soc. America. p. 305-342
- Allen, A.S. (2000). Types of land subsidence. Bureau of Mines. U.S. Department of the Interior. :Washington D.C. p. 133-143
- Charusiri, P., Kosuwan, S., and Imsamut., S. (1997). Tectonic evolution of Thailand from Bunopas (1981)s to a new scenario. Proc. of the Stratigraphy and tectonic evolution of Southeast Asia and the South Pacific. DMR: Bangkok. 19-24 Aug, p. 414-420
- Chuaviroj, S. (1997). Deformation in Khorat Plateau. Proc. of the Stratigraphy and tectonic evolution of Southeast Asia and the South Pacific. DMR: Bangkok, 19-24 Aug, p. 321-325
- George, V.K. and Frischknecht, F.C. (1966). Electrical methods in geophysical prospecting, 1<sup>st</sup> Edition. Pergamon Press: Oxford, 517 p.

- Gupta, R.P. (1991). Remote sensing geology. Springer Heidelberg Berlin New York. 356 p.
- Japakasetr, T. and Suwanich, P., (1977) Potash and rock salt in Thailand. Economic Geology Division. DMR: Bangkok. p. A1-A252
- Jeremic, M.L. (1994). Rock mechanics in salt mining. Rotterdam/Boston: Balkema.
- Kuehn, F., et. al. (1997). Multisensor remote sensing to evaluate hazards caused by mining. Proc. of the 12th International Conference applied geologic remote sensing. Vol. 1. Denver, Colorado. p. 425-432
- Kuehn, F.C., et. al. (1999). Satellite and airborne remote sensing to detect hazard caused by underground mining. Proc. Of the 13<sup>th</sup> International Conference on applied geologic remote sensing. Vol. 2 (ERIM). Vancouver: BC. Canada. p. 57-64
- Kuehn, F., et. al. (2000). Remote sensing for site characterization. Springer Heidelberg Berlin New York. 260 p.
- Mouret, C. (1994). Geological history of NE Thailand since the Carboniferous: Relations with Indochina to early Cenozoic evolution model. Proc. International Symposium on Stratigraphic correlation of Southeast Asia.: Bangkok. p. 132-158
- Sabins, F.F. (1987). Remote sensing: principles and interpretation, 2nd edition. Freeman and Company: New York. 449 p.
- Seni, S.J. and Jackson, M.P.A. (1983a). Evolution of salt structures, east Texas diapir province. Part I: Sedimentary record of halokinesis. A.A.P.G. Bulletin. V. 67. p. 1219-1244.
- Suwanich, P. (1986). Structural geology of potash and rock salt in Nachuak area, Khorat Plateau, Thailand. Fertilizer minerals in Asia and the Pacific, mineral concentrations and hydrocarbon accumulations in the Esap region: Bangkok. V. 1.
- Telford, W.M., et. al. (1990). Applied geophysics, 2<sup>nd</sup> edition. Cambridge University Press. 770 p.
- Warren, J.K. (1989). Evaporite sedimentology: Importance in Hydrocarbon accumulation. Prentice Hall: New Jersey. p. 206-217
- Warren, J.K. (1999). Evaporites: their evolution and economics. Blackwell Science: Oxford. U.K. p. 235-239

**ภาคผนวก**

ภาคผนวก ก ระดับความลึกของเกลือหินชั้นบนจากระดับน้ำทะเลที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ใช้ในการ  
ศึกษาและสร้างแผนที่การกระจายตัวของชั้นเกลือหินชั้นบน

Well No.	UTM E	UTM N	Depth from Surface (m.)	Surface Elevation (m.)	Depth form MSL (m.)
k-058	268550	1821250	-106.98	160	53.02
K-068	290300	1746350	-37.8	157.86	120.06
k-069	290500	1746000	-50.04	158.89	108.85
k-070	290150	1746650	-27.71	159.34	131.63
k-071	290200	1746350	-34.19	159.34	125.15
k-087	279650	1750550	-136	175	39
k-066	299220	1773850	-793.62	172	-621.62
k-090	289750	1742650	-683.9	170	-513.9
k-093	327450	1811850	-103.02	145	41.98
k-099	290400	1746350	-40	157.86	117.86
k-052	144550	1711750	-62.79	210	147.21
k-033	150150	1713750	-45.72	200	154.28
k-001	185250	1655250	-85.14	170	84.86
k-051	144900	1716000	-63.93	205	141.07
k-047	267850	1818150	-126.49	160	33.51
k-049	263950	1816300	-133.81	170	36.19
k-059	277750	1803650	-95.1	160	64.9
k-108	267850	1817150	-133.9	160	26.1
k-109	269250	1817450	-117.88	160	42.12
k-110	269250	1818050	-105.95	160	54.05
k-111	267850	1818750	-110	160	50
k-112	268550	1817850	-109.5	160	50.5
k-113	268550	1819350	-116.3	160	43.7
k114	277750	1804450	-96.32	160	63.68
k-115	276750	1803650	-113.3	165	51.7

Well No.	UTM E	UTM N	Depth from Surface (m.)	Surface Elevation (m.)	Depth from MSL (m.)
k-117	278550	1803650	-93.46	150	56.54
k-041	313870	1728570	-216.1	140	-76.1
K-019	202000	1668550	-85.34	170	84.66
K-020	205700	1675300	-66.75	170	103.25
K-021	203150	1680204	-94.72	170	75.28
K-022	205500	1678750	-37.79	165	127.21
K-023	222750	1690650	-59.74	160	100.26
K-024	207350	1680000	-87.12	160	72.88
K-025	199000	1681000	-84.63	167	82.37
K-026	214250	1683000	-66.14	160	93.86
K-027	185900	1663650	-93.02	165	71.98
K-028	182700	1671000	-98.45	170	71.55
K-029	158500	1679770	-82.8	200	117.2
K-030	203700	168350	-65.84	165	99.16
K-031	158000	1685590	-97.54	200	102.46
K-034	227200	1685590	-89	160	71
K-056	161800	1722270	-69.34	195	125.66
K-062	244630	1749050	-357.38	170	-187.38
K-073	213710	1755800	-54.86	170	115.14
K-075	223330	1725650	-275.77	175	-100.77
K-076	227900	1698550	-220	175	-45
K-077	196650	1696720	-100.54	175	74.46
K-078	229400	1722350	-270	180	-90
K-079	161800	1723800	-68.88	190	121.12
K-080	192150	1712990	-80.44	210	129.56
K-082	192850	1712990	-62.48	210	147.52
K-094	192950	1713150	-68	210	142

Well No.	UTM E	UTM N	Depth from Surface (m.)	Surface Elevation (m.)	Depth form MSL (m.)
K-096	192150	1712350	-258.36	210	-48.36
K-097	192450	1713300	-70.5	210	139.5
K-098	189350	1714650	-151.5	210	58.5
K-100	188650	1714550	-149.5	210	60.5
K-101	203020	1669170	-68.7	175	106.3
K-103	203020	1670800	-83.21	170	86.79
K-104	203000	1668550	-96.72	170	73.28
K-105	203250	1671450	-124.08	170	45.92
K-106	201750	1671450	-110.03	170	59.97
k-052	144550	1711750	-62.79	210	147.21
บ้านโคกสง่า	147350	1711650	-60	210	150
บ้านวังกะอาม	150550	1715450	-50	210	160
บ้านโคกแฝด	145230	1711900	-90	210	120
k-095	304750	1820780	-279.2	157	-122.2

ภาคผนวก ข ค่าความยาวรวมและค่าความถี่ของการตัดกันของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นเส้นตรง  
ในแต่ละหนึ่งหน่วย grid cell (4 ตารางกิโลเมตร)

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
212000	1702000	1	4.1	1.025
214000	1702000	4	10	2.5
216000	1702000	7	16.6	4.15
218000	1702000	5	11	2.75
212000	1704000	1	11.5	2.875
214000	1704000	5	14.9	3.725
216000	1704000	6	15.5	3.875
218000	1704000	3	7.7	1.925
212000	1706000	0	2	0.5
214000	1706000	7	13.9	3.475
216000	1706000	8	19.9	4.975
218000	1706000	2	8.9	2.225
212000	1708000	0	0.5	0.125
214000	1708000	3	9	2.25
216000	1708000	4	13.9	3.475
218000	1708000	2	11.9	2.975
222000	1702000	8	5.6	1.4
224000	1702000	13	10.2	2.55
226000	1702000	7	17	4.25
228000	1702000	3	11.6	2.9
222000	1704000	5	7.4	1.85
224000	1704000	7	11.6	2.9
226000	1704000	3	15.2	3.8
228000	1704000	2	9.8	2.45
222000	1706000	4	1.4	0.35
224000	1706000	2	14.2	3.55



UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
226000	1706000	1	24.2	6.05
228000	1706000	0	16.6	4.15
222000	1708000	2	2.6	0.65
224000	1708000	0	12.6	3.15
226000	1708000	0	19.6	4.9
228000	1708000	0	18.4	4.6
232000	1702000	5	16.2	4.05
234000	1702000	0	9	2.25
236000	1702000	0	9.6	2.4
238000	1702000	2	12	3
232000	1704000	4	15.8	3.95
234000	1704000	0	13.2	3.3
236000	1704000	1	13.2	3.3
238000	1704000	4	16.2	4.05
232000	1706000	1	12.8	3.2
234000	1706000	0	11	2.75
236000	1706000	1	13.2	3.3
238000	1706000	3	13	3.25
232000	1708000	1	11	2.75
234000	1708000	0	5	1.25
236000	1708000	0	2	0.5
238000	1708000	0	3.8	0.95
242000	1702000	0	2	0.5
244000	1702000	0	0	0
246000	1702000	0	0	0
248000	1702000	0	0	0
242000	1704000	0	2.4	0.6
244000	1704000	0	1	0.25

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
246000	1704000	0	2.2	0.55
248000	1704000	0	1.2	0.3
242000	1706000	0	2	0.5
244000	1706000	0	1	0.25
246000	1706000	0	3.6	0.9
248000	1706000	1	5.4	1.35
242000	1708000	0	1.8	0.45
244000	1708000	0	0	0
246000	1708000	0	1.4	0.35
248000	1708000	1	7.4	1.85
212000	1712000	1	8.4	2.1
214000	1714000	0	9.2	2.3
216000	1716000	5	18	4.5
218000	1718000	4	17.4	4.35
212000	1712000	0	9.2	2.3
214000	1714000	1	14.4	3.6
216000	1716000	4	18.8	4.7
218000	1718000	4	15.2	3.8
212000	1712000	0	7.4	1.85
214000	1714000	0	10.4	2.6
216000	1716000	0	12.8	3.2
218000	1718000	6	18	4.5
212000	1712000	1	7.6	1.9
214000	1714000	1	11.2	2.8
216000	1716000	0	9.8	2.45
218000	1718000	5	13.4	3.35
222000	1712000	1	10.4	2.6
224000	1714000	1	9.6	2.4

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
226000	1716000	1	10.2	2.55
228000	1718000	1	6.8	1.7
222000	1712000	0	6.6	1.65
224000	1714000	2	14.4	3.6
226000	1716000	2	15	3.75
228000	1718000	0	7	1.75
222000	1712000	1	9	2.25
224000	1714000	3	14.8	3.7
226000	1716000	2	10.8	2.7
228000	1718000	1	11.6	2.9
222000	1712000	2	11.2	2.8
224000	1714000	1	7.6	1.9
226000	1716000	0	8.8	2.2
228000	1718000	1	12	3
232000	1712000	0	5.8	1.45
234000	1714000	5	15.2	3.8
236000	1716000	8	12.2	3.05
238000	1718000	3	10.2	2.55
232000	1712000	2	8.2	2.05
234000	1714000	6	19.4	4.85
236000	1716000	6	17.2	4.3
238000	1718000	1	10	2.5
232000	1712000	4	14.2	3.55
234000	1714000	5	15.4	3.85
236000	1716000	4	16.4	4.1
238000	1718000	3	15.2	3.8
232000	1712000	5	16.4	4.1
234000	1714000	3	16.2	4.05

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
236000	1716000	2	14	3.5
238000	1718000	2	10.6	2.65
242000	1712000	1	4.6	1.15
244000	1714000	0	3.8	0.95
246000	1716000	0	3.6	0.9
248000	1718000	0	4.4	1.1
242000	1712000	1	4.8	1.2
244000	1714000	0	6.6	1.65
246000	1716000	1	7	1.75
248000	1718000	1	5.4	1.35
242000	1712000	2	10.4	2.6
244000	1714000	2	11	2.75
246000	1716000	2	11	2.75
248000	1718000	1	7.6	1.9
242000	1712000	1	9.4	2.35
244000	1714000	3	11.2	2.8
246000	1716000	2	6.8	1.7
248000	1718000	0	3.3	0.825
212000	1722000	1	9	2.25
214000	1724000	2	11.8	2.95
216000	1726000	3	13.6	3.40
218000	1728000	3	16	4.00
212000	1722000	1	10.2	2.55
214000	1724000	1	9	2.25
216000	1726000	1	9.2	2.30
218000	1728000	2	14	3.50
212000	1722000	1	9.8	2.45
214000	1724000	1	11	2.75

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
216000	1726000	1	14	3.50
218000	1728000	1	15.9	3.98
212000	1722000	0	5.1	1.28
214000	1724000	0	6.6	1.65
216000	1726000	1	10.3	2.58
218000	1728000	1	12.3	3.08
222000	1722000	2	10.9	2.73
224000	1724000	1	8.4	2.10
226000	1726000	2	11.5	2.88
228000	1728000	4	12.9	3.23
222000	1722000	0	9.5	2.38
224000	1724000	0	5.8	1.45
226000	1726000	1	3.8	0.95
228000	1728000	3	10.6	2.65
222000	1722000	1	11.9	2.98
224000	1724000	1	7.8	1.95
226000	1726000	0	4.2	1.05
228000	1728000	1	8.7	2.18
222000	1722000	2	14.6	3.65
224000	1724000	1	10.6	2.65
226000	1726000	1	8	2.00
228000	1728000	2	12.2	3.05
232000	1722000	2	13.6	3.40
234000	1724000	1	9.4	2.35
236000	1726000	1	12.6	3.15
238000	1728000	2	12.5	3.13
232000	1722000	1	16	4.00
234000	1724000	4	15.6	3.90

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
236000	1726000	3	11.9	2.98
238000	1728000	3	13.3	3.33
232000	1722000	3	19.8	4.95
234000	1724000	7	17.6	4.40
236000	1726000	6	14.1	3.53
238000	1728000	5	16	4.00
232000	1722000	2	13.1	3.28
234000	1724000	4	15.4	3.85
236000	1726000	7	20.6	5.15
238000	1728000	5	18.4	4.60
242000	1722000	1	9.9	2.48
244000	1724000	2	14.2	3.55
246000	1726000	3	16	4.00
248000	1728000	1	12.6	3.15
242000	1722000	2	8.1	2.03
244000	1724000	2	9.7	2.43
246000	1726000	2	10.3	2.58
248000	1728000	1	9	2.25
242000	1722000	1	9.6	2.40
244000	1724000	1	5.3	1.33
246000	1726000	0	6.6	1.65
248000	1728000	0	6.2	1.55
242000	1722000	3	15.6	3.90
244000	1724000	3	12.2	3.05
246000	1726000	2	9.4	2.35
248000	1728000	0	4.6	1.15
212000	1732000	1	9.1	2.28
214000	1734000	1	10.3	2.58

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
216000	1736000	1	7.6	1.90
218000	1738000	1	8.6	2.15
212000	1732000	1	6.7	1.68
214000	1734000	1	10.4	2.60
216000	1736000	1	9	2.25
218000	1738000	2	9.1	2.28
212000	1732000	1	12.5	3.13
214000	1734000	1	12.9	3.23
216000	1736000	2	13.9	3.48
218000	1738000	2	7.6	1.90
212000	1732000	0	3.6	0.90
214000	1734000	1	10.8	2.70
216000	1736000	2	14.8	3.70
218000	1738000	2	10.6	2.65
222000	1732000	1	10.8	2.70
224000	1734000	0	7.2	1.80
226000	1736000	0	7.6	1.90
228000	1738000	0	5.5	1.38
222000	1732000	1	10.5	2.63
224000	1734000	1	10	2.50
226000	1736000	0	6.8	1.70
228000	1738000	1	6.6	1.65
222000	1732000	2	14	3.50
224000	1734000	2	12.7	3.18
226000	1736000	1	10.3	2.58
228000	1738000	2	12.4	3.10
222000	1732000	3	19.8	4.95
224000	1734000	3	17.4	4.35

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
226000	1736000	1	14.8	3.70
228000	1738000	1	8.8	2.20
232000	1732000	2	8.2	2.05
234000	1734000	1	8	2.00
236000	1736000	1	13	3.25
238000	1738000	5	16.6	4.15
232000	1732000	2	8.6	2.15
234000	1734000	0	3.1	0.78
236000	1736000	0	6.2	1.55
238000	1738000	3	13.8	3.45
232000	1732000	1	9	2.25
234000	1734000	0	6.3	1.58
236000	1736000	0	7.5	1.88
238000	1738000	1	10.3	2.58
232000	1732000	0	9.3	2.33
234000	1734000	0	8.5	2.13
236000	1736000	0	13.6	3.40
238000	1738000	1	9.7	2.43
242000	1732000	4	20.2	5.05
244000	1734000	5	16	4.00
246000	1736000	2	12.1	3.03
248000	1738000	0	6.9	1.73
242000	1732000	3	12.9	3.23
244000	1734000	2	12.8	3.20
246000	1736000	1	11.1	2.78
248000	1738000	0	5	1.25
242000	1732000	1	6.9	1.73
244000	1734000	1	7.1	1.78



UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
246000	1736000	2	10.3	2.58
248000	1738000	1	6.9	1.73
242000	1732000	0	8.3	2.08
244000	1734000	1	9	2.25
246000	1736000	2	10.5	2.63
248000	1738000	1	6	1.50
212000	1742000	0	5	1.25
214000	1744000	0	3.6	0.90
216000	1746000	0	0.2	0.05
218000	1748000	0	3.8	0.95
212000	1742000	0	2.4	0.60
214000	1744000	0	4.8	1.20
216000	1746000	0	4.3	1.08
218000	1748000	0	6.2	1.55
212000	1742000	0	3.9	0.98
214000	1744000	0	3.6	0.90
216000	1746000	0	4.2	1.05
218000	1748000	0	2.5	0.63
212000	1742000	0	8.8	2.20
214000	1744000	0	2.4	0.60
216000	1746000	0	0	0.00
218000	1748000	0	0.8	0.20
222000	1742000	1	3.2	0.80
224000	1744000	0	1	0.25
226000	1746000	0	5.2	1.30
228000	1748000	1	8.6	2.15
222000	1742000	0	4.9	1.23
224000	1744000	0	5.7	1.43

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
226000	1746000	0	4.9	1.23
228000	1748000	0	6.2	1.55
222000	1742000	0	9.4	2.35
224000	1744000	0	8.3	2.08
226000	1746000	0	4.4	1.10
228000	1748000	0	2.4	0.60
222000	1742000	0	7.3	1.83
224000	1744000	0	7.3	1.83
226000	1746000	0	6	1.50
228000	1748000	0	5.4	1.35
232000	1742000	1	13.9	3.48
234000	1744000	0	8.8	2.20
236000	1746000	0	5.8	1.45
238000	1748000	0	3.9	0.98
232000	1742000	2	13.4	3.35
234000	1744000	2	11.5	2.88
236000	1746000	0	6.3	1.58
238000	1748000	0	6.7	1.68
232000	1742000	4	17.2	4.30
234000	1744000	3	16.7	4.18
236000	1746000	0	7.1	1.78
238000	1748000	0	6.2	1.55
232000	1742000	3	12.5	3.13
234000	1744000	3	13.8	3.45
236000	1746000	1	8.2	2.05
238000	1748000	0	5.2	1.30
242000	1742000	1	8.5	2.13
244000	1744000	0	5.4	1.35

<b>UTM E.</b>	<b>UTM N.</b>	<b>Intersection density (point/4 sq.km.)</b>	<b>Total distances (km.)</b>	<b>Length density (km./4 sq.km)</b>
246000	1746000	0	7.3	1.83
248000	1748000	1	8.4	2.10
242000	1742000	0	3	0.75
244000	1744000	0	4.2	1.05
246000	1746000	0	5	1.25
248000	1748000	0	3	0.75
242000	1742000	0	0.5	0.13
244000	1744000	0	2.6	0.65
246000	1746000	0	0.5	0.13
248000	1748000	0	0.6	0.15
242000	1742000	0	0.5	0.13
244000	1744000	0	1	0.25
246000	1746000	1	5.2	1.30
248000	1748000	1	6.8	1.70
212000	1752000	0	4.2	1.05
214000	1754000	0	1.9	0.48
216000	1756000	0	0	0.00
218000	1758000	0	0	0.00
212000	1752000	0	3.2	0.80
214000	1754000	0	0.8	0.20
216000	1756000	0	0.2	0.05
218000	1758000	0	0.2	0.05
212000	1752000	0	0.9	0.23
214000	1754000	0	3.2	0.80
216000	1756000	0	3.8	0.95
218000	1758000	0	3.2	0.80
212000	1752000	0	4.6	1.15
214000	1754000	0	4.7	1.18

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
216000	1756000	0	3.7	0.93
218000	1758000	0	4.5	1.13
222000	1752000	0	0.6	0.15
224000	1754000	0	3.6	0.90
226000	1756000	0	5.6	1.40
228000	1758000	0	9.6	2.40
222000	1752000	0	2.6	0.65
224000	1754000	0	1.5	0.38
226000	1756000	0	4.2	1.05
228000	1758000	0	6.5	1.63
222000	1752000	0	5.6	1.40
224000	1754000	0	3.2	0.80
226000	1756000	0	3.4	0.85
228000	1758000	0	4.5	1.13
222000	1752000	0	7.1	1.78
224000	1754000	0	6.1	1.53
226000	1756000	0	2.6	0.65
228000	1758000	0	4.6	1.15
232000	1752000	1	14.6	3.65
234000	1754000	1	8.2	2.05
236000	1756000	0	10.2	2.55
238000	1758000	0	7.8	1.95
232000	1752000	1	16.7	4.18
234000	1754000	1	10.1	2.53
236000	1756000	1	7.9	1.98
238000	1758000	2	9.7	2.43
232000	1752000	0	17.2	4.30
234000	1754000	0	9.3	2.33

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
236000	1756000	1	6	1.50
238000	1758000	3	10.2	2.55
232000	1752000	0	15.7	3.93
234000	1754000	1	13.4	3.35
236000	1756000	1	7.2	1.80
238000	1758000	1	8.1	2.03
242000	1752000	2	10.4	2.60
244000	1754000	0	9.7	2.43
246000	1756000	1	9.9	2.48
248000	1758000	1	10.1	2.53
242000	1752000	3	15.7	3.93
244000	1754000	0	9.5	2.38
246000	1756000	0	7.2	1.80
248000	1758000	1	7.9	1.98
242000	1752000	1	6.1	1.53
244000	1754000	0	6.4	1.60
246000	1756000	2	9.9	2.48
248000	1758000	3	12.4	3.10
242000	1752000	0	2.6	0.65
244000	1754000	0	4.4	1.10
246000	1756000	1	9.4	2.35
248000	1758000	3	11.9	2.98
212000	1762000	1	6.4	1.60
214000	1764000	0	1.2	0.30
216000	1766000	0	0	0.00
218000	1768000	0	0	0.00
212000	1762000	1	7.8	1.95
214000	1764000	0	0	0.00

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
216000	1766000	0	0	0.00
218000	1768000	0	0	0.00
212000	1762000	0	4.2	1.05
214000	1764000	0	0.8	0.20
216000	1766000	0	0	0.00
218000	1768000	0	0	0.00
212000	1762000	0	0.7	0.18
214000	1764000	0	0.7	0.18
216000	1766000	0	0	0.00
218000	1768000	0	0	0.00
222000	1762000	0	6.8	1.70
224000	1764000	0	6.8	1.70
226000	1766000	0	6.2	1.55
228000	1768000	0	3.2	0.80
222000	1762000	0	3.6	0.90
224000	1764000	0	8	2.00
226000	1766000	0	8.9	2.23
228000	1768000	0	5.7	1.43
222000	1762000	0	1.2	0.30
224000	1764000	0	5	1.25
226000	1766000	0	7.1	1.78
228000	1768000	0	5.7	1.43
222000	1762000	0	0	0.00
224000	1764000	0	1.6	0.40
226000	1766000	0	2.8	0.70
228000	1768000	0	3	0.75
232000	1762000	0	10.9	2.73
234000	1764000	1	11.8	2.95

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
236000	1766000	2	11.3	2.83
238000	1768000	1	7.1	1.78
232000	1762000	0	6.2	1.55
234000	1764000	0	7.8	1.95
236000	1766000	0	8.6	2.15
238000	1768000	0	8.6	2.15
232000	1762000	0	2.4	0.60
234000	1764000	0	5.2	1.30
236000	1766000	0	4.8	1.20
238000	1768000	1	5.6	1.40
232000	1762000	0	0	0.00
234000	1764000	0	2.6	0.65
236000	1766000	0	2.6	0.65
238000	1768000	0	0.4	0.10
242000	1762000	0	0.8	0.20
244000	1764000	0	4	1.00
246000	1766000	0	2.8	0.70
248000	1768000	0	4.1	1.03
242000	1762000	0	2	0.50
244000	1764000	0	3.4	0.85
246000	1766000	0	1	0.25
248000	1768000	0	6.2	1.55
242000	1762000	0	4.1	1.03
244000	1764000	0	4.6	1.15
246000	1766000	0	4.2	1.05
248000	1768000	0	4.2	1.05
242000	1762000	0	4	1.00
244000	1764000	0	1.4	0.35

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
246000	1766000	0	4	1.00
248000	1768000	0	4.2	1.05
212000	1710000	1	4.7	1.18
214000	1710000	0	5.6	1.40
216000	1710000	2	12.5	3.13
218000	1710000	2	15.9	3.98
222000	1710000	1	10.6	2.65
224000	1710000	1	8	2.00
226000	1710000	1	11.1	2.78
228000	1710000	1	10.8	2.70
232000	1710000	0	8.8	2.20
234000	1710000	1	11	2.75
236000	1710000	4	11	2.75
238000	1710000	3	9.2	2.30
242000	1710000	0	0	0.00
244000	1710000	0	0	0.00
246000	1710000	0	1.8	0.45
248000	1710000	0	4	1.00
212000	1720000	1	8.6	2.15
214000	1720000	2	14	3.50
216000	1720000	2	11.8	2.95
218000	1720000	1	9.4	2.35
222000	1720000	3	9.9	2.48
224000	1720000	1	6.2	1.55
226000	1720000	1	11.1	2.78
228000	1720000	2	13.4	3.35
232000	1720000	5	15.1	3.78
234000	1720000	3	12.6	3.15



UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
236000	1720000	2	13.7	3.43
238000	1720000	2	11.5	2.88
242000	1720000	0	7.6	1.90
244000	1720000	1	10.3	2.58
246000	1720000	1	9.1	2.28
248000	1720000	0	8.3	2.08
212000	1730000	1	6.8	1.70
214000	1730000	1	7.3	1.83
216000	1730000	1	7.4	1.85
218000	1730000	0	10.3	2.58
222000	1730000	2	10.7	2.68
224000	1730000	0	8.1	2.03
226000	1730000	1	8.8	2.20
228000	1730000	1	8	2.00
232000	1730000	1	10.5	2.63
234000	1730000	3	16.1	4.03
236000	1730000	6	23.5	5.88
238000	1730000	6	22.1	5.53
242000	1730000	6	19.3	4.83
244000	1730000	6	17.3	4.33
246000	1730000	3	11.3	2.83
248000	1730000	0	4.5	1.13
212000	1740000	0	2.2	0.55
214000	1740000	0	5	1.25
216000	1740000	1	5.8	1.45
218000	1740000	1	7.2	1.80
222000	1740000	4	14.9	3.73
224000	1740000	2	9.1	2.28

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
226000	1740000	0	7.7	1.93
228000	1740000	0	7.6	1.90
232000	1740000	1	9.8	2.45
234000	1740000	0	8.6	2.15
236000	1740000	0	6.6	1.65
238000	1740000	0	4.6	1.15
242000	1740000	1	8.7	2.18
244000	1740000	1	7	1.75
246000	1740000	1	7.9	1.98
248000	1740000	1	9.6	2.40
212000	1750000	0	9.1	2.28
214000	1750000	0	4.6	1.15
216000	1750000	0	0	0.00
218000	1750000	0	2.2	0.55
222000	1750000	0	3.8	0.95
224000	1750000	0	2.2	0.55
226000	1750000	0	4.1	1.03
228000	1750000	0	7.2	1.80
232000	1750000	1	11.9	2.98
234000	1750000	2	9.7	2.43
236000	1750000	1	8.1	2.03
238000	1750000	0	6.6	1.65
242000	1750000	0	1.8	0.45
244000	1750000	0	4	1.00
246000	1750000	2	10.5	2.63
248000	1750000	2	12.6	3.15
212000	1760000	0	5.7	1.43
214000	1760000	0	3.2	0.80

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
216000	1760000	0	0	0.00
218000	1760000	0	1.4	0.35
222000	1760000	0	8.4	2.10
224000	1760000	0	8.2	2.05
226000	1760000	0	4.4	1.10
228000	1760000	0	3.8	0.95
232000	1760000	0	12.6	3.15
234000	1760000	1	14.7	3.68
236000	1760000	2	9.2	2.30
238000	1760000	1	6.2	1.55
242000	1760000	0	1.7	0.43
244000	1760000	0	4.1	1.03
246000	1760000	0	4.2	1.05
248000	1760000	0	6.6	1.65
220000	1702000	7	13.2	3.30
220000	1704000	6	15.7	3.93
220000	1706000	4	14.9	3.73
220000	1708000	3	13.9	3.48
220000	1710000	0	12.4	3.10
220000	1712000	0	10.4	2.60
220000	1714000	1	7.2	1.80
220000	1716000	6	15	3.75
220000	1718000	6	16	4.00
220000	1720000	2	10.7	2.68
220000	1722000	2	10.8	2.70
220000	1724000	1	12.4	3.10
220000	1726000	0	11.9	2.98
220000	1728000	1	16.1	4.03

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
220000	1730000	2	13.1	3.28
220000	1732000	2	12.1	3.03
220000	1734000	1	9.1	2.28
220000	1736000	1	9.9	2.48
220000	1738000	2	14.8	3.70
220000	1740000	2	14.8	3.70
220000	1742000	1	7.1	1.78
220000	1744000	2	6.9	1.73
220000	1746000	2	6.3	1.58
220000	1748000	0	3.8	0.95
220000	1750000	0	0.8	0.20
220000	1752000	0	0.2	0.05
220000	1754000	0	1.8	0.45
220000	1756000	0	4.2	1.05
220000	1758000	0	6.6	1.65
220000	1760000	0	5.8	1.45
220000	1762000	0	2.2	0.55
220000	1764000	0	0.1	0.03
220000	1768000	0	0	0.00
220000	1770000	0	0	0.00
230000	1702000	6	19.1	4.78
230000	1704000	6	17.9	4.48
230000	1706000	1	14.3	3.58
230000	1708000	0	13	3.25
230000	1710000	0	8	2.00
230000	1712000	0	3.9	0.98
230000	1714000	0	2.9	0.73
230000	1716000	2	11.7	2.93

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
230000	1718000	5	18.4	4.60
230000	1720000	4	15.7	3.93
230000	1722000	3	12.4	3.10
230000	1724000	1	11.1	2.78
230000	1726000	3	15.3	3.83
230000	1728000	3	12.4	3.10
230000	1730000	1	8.6	2.15
230000	1732000	2	8	2.00
230000	1734000	2	11.6	2.90
230000	1736000	2	10.3	2.58
230000	1738000	1	8.2	2.05
230000	1740000	1	9.4	2.35
230000	1742000	1	16.3	4.08
230000	1744000	0	11	2.75
230000	1746000	1	4.9	1.23
230000	1748000	1	6	1.50
230000	1750000	0	14.9	3.73
230000	1752000	0	15.9	3.98
230000	1754000	0	16.5	4.13
230000	1756000	0	12.7	3.18
230000	1758000	0	10.8	2.70
230000	1760000	0	8.9	2.23
230000	1762000	0	10.3	2.58
230000	1764000	0	3.1	0.78
230000	1768000	0	2	0.50
230000	1770000	0	1.8	0.45
240000	1702000	1	7.1	1.78
240000	1704000	3	10.5	2.63

UTM E.	UTM N.	Intersection density (point/4 sq.km.)	Total distances (km.)	Length density (km./4 sq.km)
240000	1706000	3	9.1	2.28
240000	1708000	0	6	1.50
240000	1710000	0	1.9	0.48
240000	1712000	0	5.1	1.28
240000	1714000	2	10.8	2.70
240000	1716000	4	11.8	2.95
240000	1718000	2	9.8	2.45
240000	1720000	1	9.6	2.40
240000	1722000	1	10.1	2.53
240000	1724000	4	13.1	3.28
240000	1726000	5	15.8	3.95
240000	1728000	4	18.6	4.65
240000	1730000	6	21.1	5.28
240000	1732000	6	19.1	4.78
240000	1734000	4	18.8	4.70
240000	1736000	2	11	2.75
240000	1738000	1	9.1	2.28
240000	1740000	0	8.1	2.03
240000	1742000	1	7.3	1.83
240000	1744000	0	3.8	0.95
240000	1746000	0	2.7	0.68
240000	1748000	0	3.1	0.78
240000	1750000	0	3.6	0.90
240000	1752000	2	8.3	2.08
240000	1754000	3	11.7	2.93
240000	1756000	2	10	2.50
240000	1758000	1	8.5	2.13
240000	1760000	0	5.7	1.43

<b>UTM E.</b>	<b>UTM N.</b>	<b>Intersection density (point/4 sq.km.)</b>	<b>Total distances (km.)</b>	<b>Length density (km./4 sq.km)</b>
240000	1762000	0	1.7	0.43
240000	1764000	1	4	1.00
240000	1768000	1	6.6	1.65
240000	1770000	0	3.4	0.85

## ประวัติผู้วิจัย

นายอัมพรรค์ วรรณโกมล เกิดเมื่อวันที่ 30 กันยายน 2515 ที่จังหวัดชลบุรีจบการศึกษาปริญญาตรีสาขาวิชาธรณีวิทยา จากภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และจบการศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมปิโตรเลียม จากภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา