

การสำรวจธรณีฟิสิกส์แหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

นางสาวธาริณีย์ จีรวงศ์สวัสดิ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

GEOPHYSICAL INVESTIGATION OF PRE-HISTORICAL ARCHAEOLOGICAL SITE,
AMPHOE BANKRUAD, CHANGWAT BURIRAM

MISS TARINEE JIRAKONGSAWAT

A REPORT IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF THE BACHERLOR OF SCIENCE
DEPARTMENT OF GEOLOGY, CHULALONGKORN UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2011

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

.....
อาจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

การสำรวจธรณีฟิสิกส์แหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

ธาริณีย์ จิรวงศ์สวัสดิ์, สันติ ภัยหลบลี้, สุานบ ธิติมากร

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทร: 0-8460-7080-0, อีเมลล์: kame_sai10@hotmail.com

บทคัดย่อ: การศึกษาการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยเรดาร์ (Ground Penetration Radar, GPR) เป็นการสำรวจด้านธรณีฟิสิกส์โดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Waves, EM Waves) ในการตรวจสอบสภาพใต้พื้นดิน ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและสามารถตรวจวัดได้รวดเร็วอีกทั้งไม่ทำลายวัสดุที่ทดสอบ ทำให้เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน การประยุกต์ใช้ GPR นั้นมีมากมายหลายด้าน โดยได้ทำการสำรวจแหล่งโบราณคดีปราสาททอง อำเภอบางบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ เริ่มจากการทดสอบหาความถี่ที่เหมาะสมของเครื่องมือที่สามารถตอบสนองต่อโบราณวัตถุได้ชัดเจน คือ ความถี่ 900 MHz จากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูล GPR ในพื้นที่ 100 ชุดข้อมูล และพบว่ามีความผิดปกติที่สามารถแยกความแตกต่างของดินและศิลาแลงที่ฝังอยู่ใต้ดินได้ นอกจากนี้ความถี่ดังกล่าวยังสามารถแยกแยะและระบุขอบเขตของสระน้ำโบราณ ที่ทำจากดินโดยสังเกตจากค่าความผิดปกติที่เกิดจากการสะสมตัวในช่วงเวลาที่ต่างกันของดินในยุคโบราณและดินในปัจจุบัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความถี่ขนาด 900 MHz คือความถี่ที่เหมาะสมในการสำรวจทางโบราณคดีเพื่อแยกแยะโครงสร้างโบราณทั้งแบบที่แตกต่างกัน เช่น ศิลาแลงกับดิน และแบบที่เป็นวัสดุที่เหมือนกัน เช่น ดินกับดิน ทั้งนี้จากการศึกษาดังกล่าว พบว่านอกจากพบศิลาแลงฝังพื้นผิวดินเล็กน้อยแล้ว ยังมีโบราณวัตถุและสิ่งก่อสร้างในสมัยก่อนจำนวนมากหลงเหลืออยู่ในชั้นใต้ดินของปราสาททอง เช่น ถนนศิลาแลงและบ่อน้ำโบราณซึ่งถูกปิดทับโดยดินจนหมด

คำสำคัญ: การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยเรดาร์; GPR; แหล่งโบราณสถาน; บ้านกรวด; บุรีรัมย์

**GEOPHYSICAL INVESTIGATION OF PRE-HISTORICAL
ARCHAEOLOGICAL SITE, AMPHOE BANKRUAD,
CHANGWAT BURIRAM**

Tarinee Jirakongsawat^{*}, Santi Pailoplee, Thanop Thitimakorn

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University;

Tel: 0-8460-7080-0, e-mail: kame_sai10@hotmail.com

Abstract: In this study, the ground penetration radar (GPR) is applied for exploring subsurface features of the Prasat Thong archaeological site, Amphoe Bankruad, Changwat Buriram. At first, some different frequencies of GPR antennas are tested in order to define the most appropriated frequency range responded efficiently with the existing archaeological objects. Thereafter, totally 100 GPR profiles of selected 900 MHz antenna are operated. The obtained data show the GPR anomalies identifying the difference between covering sediment and the buried laterite blocks. Furthermore as the same frequency, GPR anomalies can also separate and locate the boundary of ancient pool with made from the sediment and cover by the sediment with different time of deposition. Therefore based on this research study, it is conclude technically that, the 900 MHz antenna is the most appropriated frequency range for exploring the ancient remain's structures both different (i.e., laterite-sediment) and same (i.e., sediment-sediment) materials. In addition for site study, beside some small portion of laterite blocks exposed on the surface, there are a large number of ancient remain leave underground of the Prasat Thong ancient remain including laterite road and pool cover by sediment.

Keywords: ground penetration radar; GPR; archaeological site; Bankruad; Buriram

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษา
โครงการวิจัยและอาจารย์ ดร.ฐานบ ธิติมากร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งกรุณาให้ความรู้และคำแนะนำ
ตลอดการจนการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณครอบครัวของอาจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ปิยพงษ์ เชนรัมย์ นางสาว
ปาณิสรา นวสมัครการ นายวรวรรณ มหาเรือนทอง นายปวีณ จิตรภิรมย์ศรี อาจารย์สุรพล เทวัญรัมย์
นายสุรศักดิ์ เด็ดประโคน และนายเฉลิมพล นิรันดร์ปกรณ นายกเทศมนตรีตำบลบ้านกรวด ที่ให้
คำแนะนำ ช่วยเหลือ ประสานงานในทุกๆเรื่องและช่วยเหลือการสำรวจภาคสนามจนสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ภาควิชาการณัวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่
ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ รวมถึงประสบการณ์ต่างๆ และขอขอบพระคุณพี่ระชาติ วิเวกวิน ที่ให้
คำแนะนำเกี่ยวกับการนำเสนองานวิจัย

ขอขอบพระคุณพี่บุคลากรภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุก
ท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆและน้องๆ ทุกคนที่คอยแนะนำ ช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำ
วิจัย

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ให้กำลังใจและโอกาสในการศึกษาครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	
1.1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3. วัตถุประสงค์	6
1.4. พื้นที่ศึกษา	6
1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและวิธีการวิจัย (Theory and Methodology)	
2.1. ทฤษฎี	
2.1.1. การสำรวจกรณีฟิสิกส์ด้วยเรดาร์	8
2.1.2. ข้อดีของเครื่องมือ	12
2.1.3. ข้อจำกัดของเครื่องมือ	13
2.2. วิธีการวิจัย	14
บทที่ 3 การสำรวจภาคสนาม (Field Investigation)	
3.1 คัดเลือกพื้นที่ศึกษา	17
3.2 ทดสอบความถี่ของหัววัด	22
3.3 สำรวจวัสดุที่มีความแตกต่างกัน	23
3.4 สำรวจวัสดุที่มีความเหมือนกัน	23
3.5 การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล	23

บทที่ 4 ผลการสำรวจกรณีพิลึกด้วยเรดาร์ (Result)	
4.1. ทดสอบความถี่ของหัววัด	31
4.2. สำรวจวัสดุที่มีความแตกต่างกัน	32
4.3. สำรวจวัสดุที่มีความเหมือนกัน	33
4.4. การกระจายตัวของโบราณวัตถุ	33
บทที่ 5 ข้อเสนอแนะ (Discussion, Conclusion and Recommendation)	
5.1. อภิปราย	42
5.2. สรุปผล	48
5.3. ข้อเสนอแนะ	50
เอกสารอ้างอิง	52

สารบัญภาพ

	หน้า
รูป 1.1. (ก) แผนที่ประเทศไทยแสดงที่ตั้งของพื้นที่ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ (จุดสีชมพู)	2
(ข) แผนที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์แสดงขอบเขตของอำเภอบ้านกรวด (เส้นสีชมพู)	
รูป 1.2. (ก) แผนที่เมือง Basilicata แสดงที่ตั้งของพิพิธภัณฑสถานและแหล่งโบราณคดี	3
(ข) แหล่งโบราณคดี Serra di Vaglio แสดงหลักฐานทางโบราณคดีที่เหลืออยู่	
รูป 1.3. (ก) ผลการสำรวจโดยวิธี GPR แสดงค่าความผิดปกติแบบ 3 มิติ (วงกลมสีดำ)	3
(ข) ผลการสำรวจโดยวิธีวิธีการวัดค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็กแสดง ค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็ก (สีเหลี่ยมสีแดง)	
รูป 1.4. (ก) ผลการสำรวจ บล็อกที่ 3 ด้วยวิธี GPR (วงกลมสีแดง)	4
(ข) ทดสอบชุด บล็อก 3 พบวัตถุที่สร้างจากท่อนไม้และหินที่ใช้ในการสร้างที่พัก หรือประกอบอาชีพของคนในอดีต (วงกลมสีแดง)	
รูป 1.5. ภาพถ่ายจากดาวเทียม (ก) 2002 QuickBird	5
(ข) หลักฐานที่ถูกบันทึกจากภาพ (ก)	
(ค) 2005 QuickBird	
(ง) หลักฐานที่ถูกบันทึกจากภาพ (ค)	
(จ) 2008 WorldView-1	
(ฉ) หลักฐานที่ถูกบันทึกจากภาพ (จ)แสดง X1-X4 เนินดิน M1-M3 แสดง โครงสร้างที่โผล่ขึ้นมาเหนือพื้นดิน	
(ช) ผลการสำรวจค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็กแสดงค่าความผิดปกติ ของสนามแม่เหล็กและกล่องสี่เหลี่ยมคือส่วนที่ไม่มีข้อมูลค่าความผิดปกติของ สนามแม่เหล็ก	
รูป 1.6. (ก) ผลการสำรวจด้วยวิธี GPR (วงกลมสีแดง)	6
(ข) ผลการขุดค้นในพื้นที่ที่สำรวจด้วย GPR	
รูป 2.1. (ก) การส่งคลื่นและการรับสัญญาณของเครื่องมือ GPR	8

	(ข) ระบบการทำงานของเครื่องมือ GPR (Annan, 2009)	
รูป 2.2.	(ก) ตัวอย่างพื้นที่ที่ศึกษาด้วยวิธี GPR	9
	(ข) ผลการสำรวจด้วยวิธี GPR (Annan, 2009)	
รูป 2.3.	เครื่อง GPR ที่มีการป้องกันการรบกวนของสัญญาณจากภายนอก	11
	(Annan, 2009)	
รูป 2.4.	เครื่อง GPR ที่มีการป้องกันการรบกวนของสัญญาณจากภายนอก	12
	(Annan, 2009)	
รูป 2.5.	อุปกรณ์ในการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดงคอมพิวเตอร์ และ หน่วยควบคุม	15
รูป 2.6.	อุปกรณ์ในการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดง อุปกรณ์หัวส่งและรับสัญญาณ และ สายเคเบิล	15
รูป 2.7.	อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดง อุปกรณ์อื่นๆ	16
รูป 3.1.	แผนที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ แสดงแหล่งโบราณคดีเตาสุวาย	17
	บ้านโคกใหญ่	
รูป 3.2.	แผนที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ แสดงแหล่งโบราณคดีเตาถลุงเหล็ก	18
	บ้านเขาดินใต้	
รูป 3.3.	แผนที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ แสดงแหล่งโบราณวัตถุวัดป่าพระสบาย	19
	บ้านบึงเก่า	
รูป 3.4.	แผนที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ แสดงแหล่งโบราณคดีปราสาททอง	20
	บ้านปราสาท	
รูป 3.5.	แสดงลักษณะพื้นที่โดยทั่วไปของปราสาททอง	21
	(ก) แสดงลักษณะทั่วไปของตัวปราสาท	
	(ข) แสดงพื้นที่ด้านหน้าของตัวปราสาท	
	(ค) แสดงพื้นที่โล่งตรงข้ามของตัวปราสาท	
	(ง) แสดงพื้นที่ด้านทิศเหนือของตัวปราสาท	
	(จ) แสดงพื้นที่ด้านทิศใต้ของตัวปราสาท	
	(ฉ) แสดงพื้นที่ด้านทิศตะวันตกของตัวปราสาท	
รูป 3.6.	แสดงแนวเส้นทางการสำรวจด้วย GPR (ก) สภาพทั่วไปของแนวเส้นทางการสำรวจ	22
	(ข) แผนที่แนวเส้นทางการสำรวจ	

รูป 3.7. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0แสดงการกำหนดตำแหน่งของ File	23
รูป 3.8. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0แสดงการเลือกตำแหน่งของ File input และ output	24
รูป 3.9. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0แสดงการตัดสัญญาณที่ไม่ต้องการ	25
รูป 3.10. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0แสดงการเลือกข้อมูลสัญญาณ ที่ต้องการตัดทิ้ง	25
รูป 3.11. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0แสดงผลที่ได้จากการตัดข้อมูล	26
รูป 3.12. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงการปรับระดับของ สัญญาณให้ใกล้เคียงกับผิวสัมผัส	26
รูป 3.13. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงตำแหน่งของ Amplitude	27
รูป 3.14. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงการปรับ Position เริ่มต้น และระยะห่างของ Marker	27
รูป 3.15. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0แสดงการตั้งค่า Distance Norm	28
รูป 3.16. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0แสดงการปรับแก้สัญญาณรบกวน	28
รูป 3.17. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงผลจากการตัดสัญญาณ Background	29
รูป 3.18. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงการปรับความคมชัด ของสัญญาณ	30
รูป 3.19. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0แสดงผลที่ได้จากการแปลข้อมูล	30
รูป 4.1. การสำรวจด้วย GPR แสดงผลที่ได้จากการทดสอบความถี่ของหัววัด (ก) ความถี่ 400 MHz (ข) ความถี่ 900 MHz	32
รูป 4.2. การสำรวจด้วย GPR แสดงผลที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน (ก) ค่าความผิดปกติรูปพาราโบลาสี่ดำขาวดำ (ข) ค่าความผิดปกติรูปพาราโบลาสี่เทาดำเทา	32
รูป 4.3. การสำรวจด้วยวิธี GPR แสดงข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่ที่มีความ เหมือนกันของวัสดุ (ดินที่เกิดจากการทับถมในช่วงเวลาที่ต่างกัน)	33

รูป 4.4. ค่าความผิดปกติที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดงผลการแปลข้อมูล 3 ช่วงความลึก	34
รูป 4.5. ค่าความผิดปกติที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดงผลการแปลข้อมูลใน ช่วงความลึก 0-0.49 m.	35
รูป 4.6. ค่าความผิดปกติจากการสำรวจด้วยวิธี GPR (ก) ผลการสำรวจ line 1-6 (ข)ผลการสำรวจ line 68	36
รูป 4.7. ค่าความผิดปกติที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดงผลการแปลข้อมูลใน ช่วงความลึก 0.5-0.89 m.	37
รูป 4.8. ค่าความผิดปกติจากการสำรวจด้วยวิธี GPR (ก)ผลการสำรวจ line 95-96 (ข)ผลการสำรวจ line 88	38
รูป 4.9. ค่าความผิดปกติที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดงผลการแปลข้อมูลใน ช่วงความลึก 0.9-3 m.	39
รูป 4.10. ค่าความผิดปกติจากการสำรวจด้วยวิธี GPR (ก) ผลการสำรวจ line 43-46 (ข)ผลการสำรวจ line 57	40
รูป 4.11. ค่าความผิดปกติจากการสำรวจด้วยวิธี GPR ทางทิศตะวันตกทิศตะวันออก	41
รูป 4.12. ค่าความผิดปกติจากการสำรวจด้วยวิธี GPR ทางทิศเหนือทิศใต้	41
รูป 5.1. ผลการสำรวจการกระจายตัวของวัตถุในแหล่งปราสาททอง (ก) ภาพถ่ายปราสาทเมืองต่ำ (ข) สภาพทั่วไปของด้านหน้าปราสาททอง (ค) ค่าความผิดปกติจากการสำรวจ GPR ในช่วงความลึก 0-0.49 เมตร เทียบกับตำแหน่ง ปราสาททอง(1)ด้านทิศใต้ของปราสาททองส่วนของบันได; (2)ด้านหน้าของปราสาททอง ส่วนของทางดำเนินและ(3) ด้านทิศเหนือของปราสาททองส่วนของบันได (ง) ค่าความผิดปกติจากการสำรวจ GPR ในช่วงความลึก 0.5-0.89 เมตร เทียบกับ ตำแหน่งปราสาททอง(1)ด้านทิศใต้ของปราสาททองส่วนของบันได; (2)ด้านหน้าของ ปราสาททองส่วนของทางดำเนินและ(3) ด้านทิศเหนือของปราสาททองส่วนของบันได (จ) ค่าความผิดปกติจากการสำรวจ GPR ในช่วงความลึก 0.9-3 เมตร เทียบกับตำแหน่ง ปราสาททองแสดงผลด้านหน้าของปราสาททองส่วนที่มีการขุดร่องสำรวจ	43

รูป 5.2. ภาพถ่ายทางอากาศของปราสาทเมืองต่ำและปราสาททอง	48
(ก) ภาพถ่ายทางอากาศแสดงปราสาทเมืองต่ำและบาราย	
(ข) ภาพถ่ายทางอากาศแสดงปราสาททองบริเวณขอบของบาราย (เส้นที่บสีแดง)และแนวการสำรวจ (เส้นที่บสีเหลือง)	
รูป 5.3. แผนผังปราสาท	47

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1. ค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (Dielectric Constant) ของวัสดุต่างๆ (Daniels, 2007)	10
ตาราง 2.2. เปรียบเทียบการใช้ความถี่ของสายอากาศในการสำรวจ (Daniels, 2007)	10
ตาราง 2.3. แสดงการใช้งานและความถี่ในการสำรวจของสายอากาศ ที่ผลิตจากบริษัท GSSI (2008)	11

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

1.1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยเรดาร์ (Ground Penetration Radar, GPR) เป็นการสำรวจด้านธรณีฟิสิกส์โดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Waves, EM Waves) ในการตรวจสอบสภาพใต้พื้นดิน ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและสามารถตรวจวัดได้รวดเร็วอีกทั้งไม่ทำลายวัสดุที่ทดสอบ ทำให้เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน การประยุกต์ใช้ GPR นั้นมีมากมายหลายด้าน เช่น การสำรวจน้ำบาดาล (Slater และ Comas, 2009) ความก้าวหน้าของตะกอนในแม่น้ำ (Bridge, 2009) ธารน้ำแข็งและแผ่นน้ำแข็ง (Arcone, 2009) รูปร่างของแหล่งโบราณคดี (Goodman และคณะ, 2009) เป็นต้น

พื้นที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นแหล่งที่มีหลักฐานทางโบราณคดีที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศไทย อาทิเช่น แหล่งหินตัด บ้านสายตรี 3 แหล่งเตาเผาโบราณตาเจียน บ้านถนนน้อย เตาสวาย บ้านโคกใหญ่ แหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์วัดป่าพระสวาย บ้านบึงเก่า แหล่งเตากลูเหล็ก บ้านเขาดินใต้ และปราสาทต่างๆ (รูป 1.1.) ซึ่งแหล่งโบราณคดีบางแห่งนั้นยังไม่มีการศึกษาอย่างสมบูรณ์ เนื่องจากปัจจัยหลายๆ ด้าน หรือบางพื้นที่ได้มีการสำรวจไปแล้วแต่ยังไม่มีการศึกษาหาขอบเขตที่แน่นอนของแหล่งโบราณคดี เช่น การศึกษาวิจัยในบางพื้นที่ของแหล่งโบราณคดีบ้านเขาดินใต้และพบหลักฐานทางโบราณคดีมากมาย เช่น เตากลูเหล็กอย่างน้อย 10 เตา ชิ้นส่วนผนังเตา ก้อนดินเผาสำหรับอุดคอกของตะกรันที่ผนังเตากลูแร่ เป็นต้น (อัญป้อม, 2553) ดังนั้นจึงนำ GPR มาใช้ในพื้นที่นี้ เพื่อให้นักโบราณคดีสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์รวมไปถึงการหาขอบเขตของแหล่งโบราณคดีซึ่งจะเป็นการช่วยลดระยะเวลาการขุดสำรวจ และเพิ่มอัตราการค้นพบหลักฐานทางโบราณคดีมากขึ้นด้วย

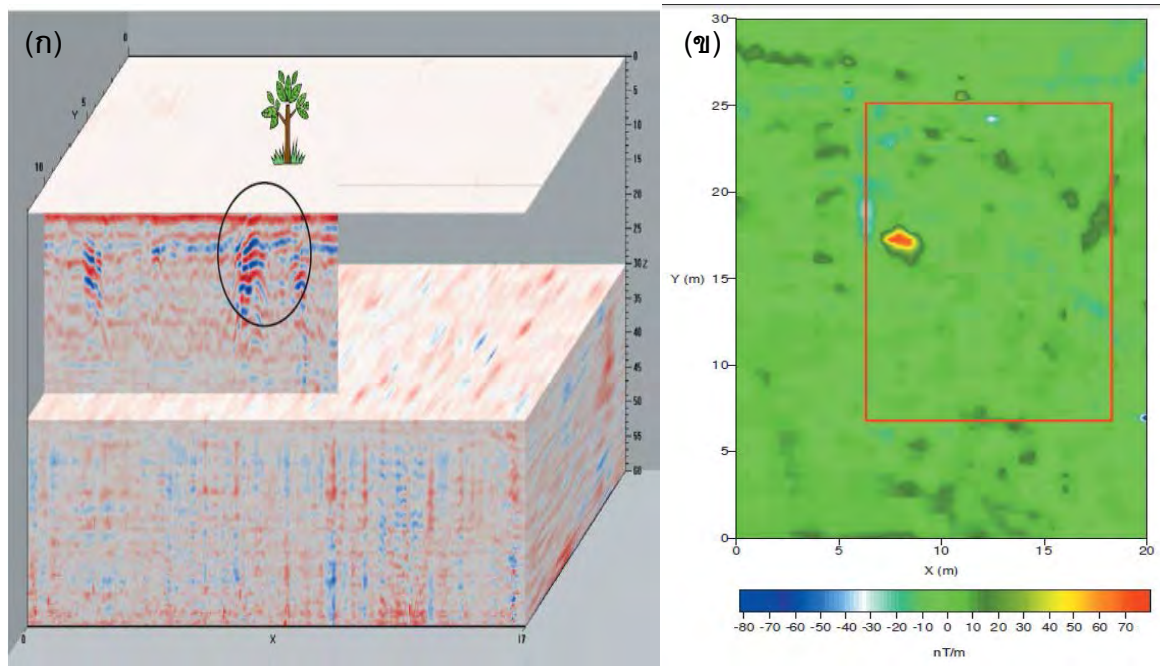
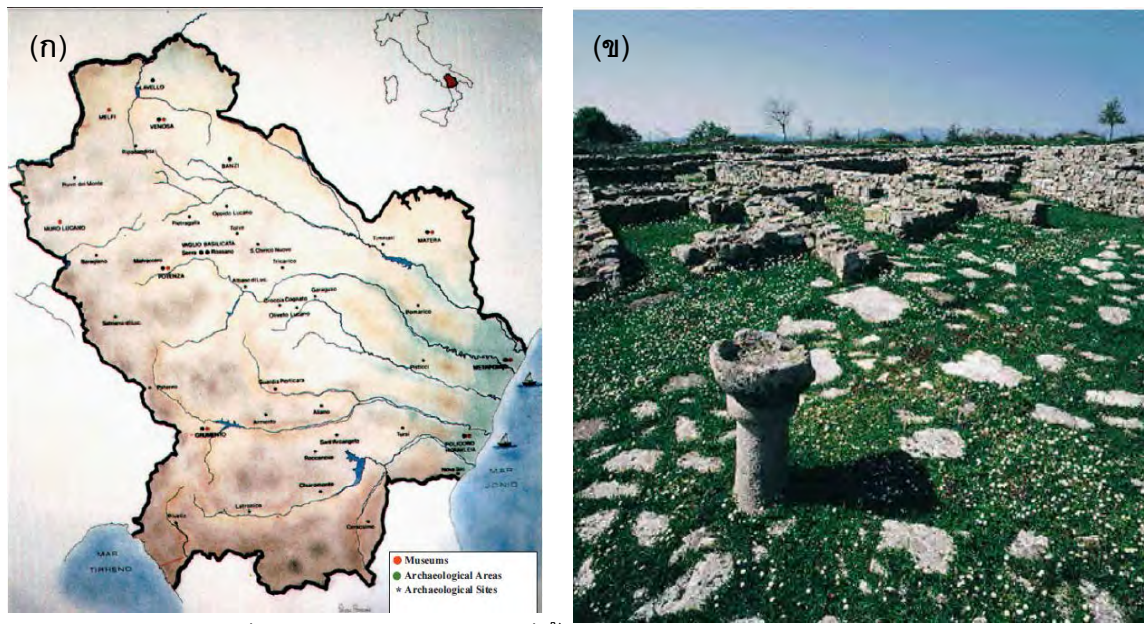
1.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chianesea และคณะ (2004) ศึกษา GPR ในลักษณะ 3 มิติ โดยใช้ความถี่ 400 MHz โปรแกรมเก็บข้อมูลคือ SIR-2000 โปรแกรมประมวลผลข้อมูลคือ Radan และวิธีการวัดค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็กเพื่อสนับสนุนผลการศึกษาของ GPR ที่แหล่งโบราณคดี Serra di Vaglio ทางใต้ของประเทศอิตาลี (รูป 1.2.) โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อช่วยนักโบราณคดีกำหนดขอบเขต

ของแหล่งโบราณคดี จากการศึกษาพื้นที่ที่ศึกษาโดยวิธี GPR และวิธีวัดค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็กพบว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่เดียวกัน (รูป 1.3.) ซึ่งหลังจากนั้นได้ทำการขุดค้นพบหินที่ใช้ในการสร้างโบราณสถาน จึงสรุปว่าวิธีทั้งสองนี้สามารถใช้ในการหารูปทรงและความลึกของโครงสร้างที่ถูกฝังอยู่ใต้ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ



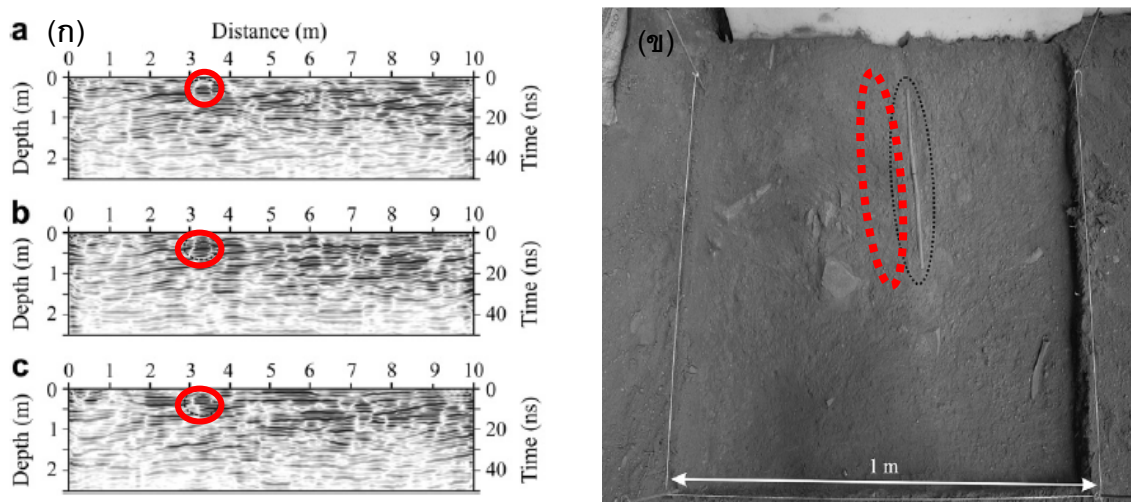
รูป 1.1. (ก) แผนที่ประเทศไทยแสดงที่ตั้งของพื้นที่ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ (จุดสี่ชมพู) และ (ข) แผนที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์แสดงขอบเขตของอำเภอบ้านกรวด (เส้นสี่ชมพู)



รูป 1.3. (ก) ผลการสำรวจโดยวิธี GPR แสดงค่าความผิดปกติแบบ 3 มิติ (วงกลมสีดำ) และ (ข) ผลการสำรวจโดยวิธีวิธีการวัดค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็กแสดงค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็ก (สี่เหลี่ยมสีแดง)

Domenico และคณะ (2006) ศึกษาแหล่งโบราณคดีที่ Tindari (Sicily) ประเทศอิตาลี โดยใช้วิธีทางธรณีฟิสิกส์หลายวิธี เช่น วิธีวัดสภาพความต้านทานไฟฟ้า การสำรวจด้วยคลื่นสั้นสะเทือนแบบหักเห วิธีวัดค่าความจุทางไฟฟ้า รวมไปถึงวิธี GPR ด้วย ความถี่ที่ใช้ในการศึกษาคือ 250 MHz ผลการศึกษา พบว่า วิธี GPR ไม่สามารถใช้ในพื้นดินนี้ได้เนื่องจากเป็นพื้นที่มีน้ำอยู่ทำให้เกิดการนำไฟฟ้าที่สูงเกินกว่าเครื่องมือ GPR จะทำการตรวจสอบได้

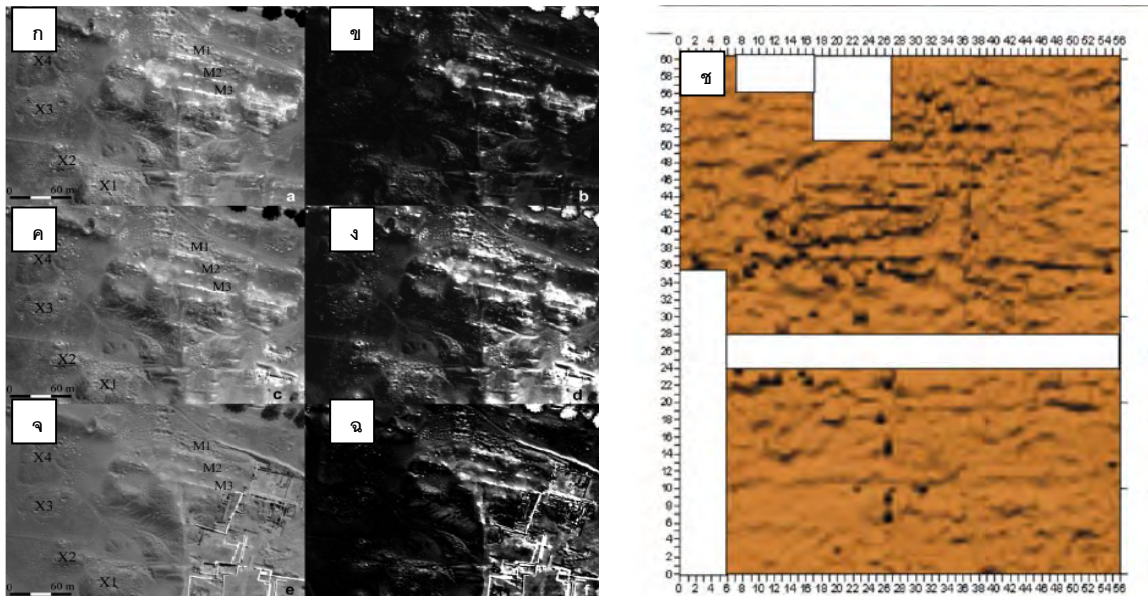
Porsani และคณะ (2010) ศึกษา GPR ในลักษณะ 2 มิติ และ 3 มิติ ความถี่ที่ใช้ในการสำรวจคือ 200 MHz และ 400 MHz โปรแกรมเก็บข้อมูลคือ SIR-3000 และโปรแกรมประมวลผลข้อมูลคือ Radan ที่ บริเวณผาหินโบราณ Lagoa Santa, Minas Gerais state ประเทศบราซิล เพื่อค้นหาโบราณวัตถุที่ถูกฝัง โดยแบ่งพื้นที่สำรวจเป็น จำนวน 3 บล็อก ผลการสำรวจด้วยวิธี GPR และการขุดค้น (รูป 1.4.) พบว่า มีวัตถุโบราณฝังอยู่จริง



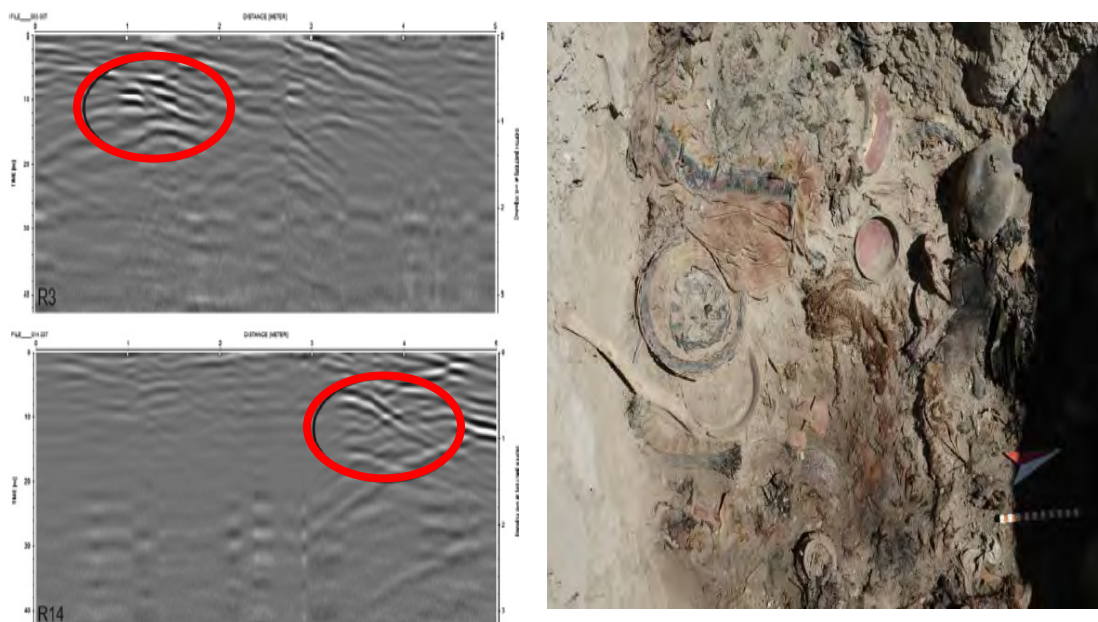
รูป 1.4. (ก) ผลการสำรวจ บล็อกที่ 3 ด้วยวิธี GPR (วงกลมสีแดง) และ (ข) ทดสอบขุด บล็อก 3 พบวัตถุที่สร้างจากท่อนไม้และหินที่ใช้ในการสร้างที่พักหรือประกอบอาชีพของคนในอดีต (วงกลมสีแดง)

Lasaponara และคณะ (2011) ศึกษาโดยใช้วิธี ภาพถ่ายทางดาวเทียม, GPR และค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็ก ที่ Cahuachi ประเทศเปรู จากสภาพพื้นที่ทำให้ต้องแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นสองด้านเนื่องจากความซับซ้อนและสภาพที่ไม่เอื้ออำนวยของพื้นที่ ด้าน NE ใช้วิธีภาพถ่ายทางดาวเทียม และการสำรวจค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็ก(รูป 1.5.) ด้าน E ใช้วิธี GPR ความถี่ 400 MHz โปรแกรมเก็บข้อมูลสำรวจคือ SIR-3000 โปรแกรมประมวลผลคือ Radan และได้ขุดค้น

พื้นที่ด้านนี้ (รูป 1.6.) จากการศึกษานำข้อมูลของพื้นที่ศึกษาทั้งสองด้านมาประมวลผลร่วมกันพบว่าวิถีวัตถุโบราณต่างๆมากมายในพื้นที่นี้



รูป 1.5. ภาพถ่ายจากดาวเทียม (ก) 2002 QuickBird; (ข) หลักฐานที่ถูกบันทึกจากภาพ (ก); (ค) 2005 QuickBird; (ง) หลักฐานที่ถูกบันทึกจากภาพ (ค);(จ) 2008 WorldView-1; (ฉ) หลักฐานที่ถูกบันทึกจากภาพ (จ)แสดง X1-X4 เนินดิน M1-M3 แสดงโครงสร้างที่โผล่ขึ้นมาเหนือพื้นดิน และ(ช) ผลการสำรวจค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็กแสดงค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็กและกล่องสี่เหลี่ยมคือส่วนที่ไม่มีข้อมูลค่าความผิดปกติของสนามแม่เหล็ก



รูป 1.6. (ก) ผลการสำรวจด้วยวิธี GPR (วงกลมสีแดง) และ (ข) ผลการขุดค้นในพื้นที่ที่สำรวจด้วย GPR

1.3. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาศักยภาพและความถี่ที่เหมาะสมของเครื่องมือ GPR ในการสำรวจแหล่งโบราณคดี
2. เพื่อกำหนดขอบเขตของแหล่งโบราณคดี

1.4. พื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจแหล่งโบราณคดีต่างๆ ที่มีอยู่ในพื้นที่ อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์ เพื่อคัดเลือกพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการศึกษา โดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ทั้งปัจจัยด้านการเข้าถึงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล วัสดุที่ใช้ทำโบราณวัตถุ ความน่าสนใจและความสำคัญของแหล่งโบราณคดี ตลอดจนประเด็นเรื่องความต้องการข้อมูลการวิจัยของประชาชนในพื้นที่ จึงสรุปและคัดเลือกแหล่งโบราณคดีบ้านปราสาท ต. ปราสาท อ. บ้านกรวด จ. บุรีรัมย์ ละติจูด $15^{\circ}9'4''N$ ลองจิจูด $95^{\circ}26'6''E$ เพื่อเป็นพื้นที่สำรวจและศึกษาในชั้นรายละเอียดด้วยวิธี GPR

1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบค่าความถี่ของเครื่องมือ GPR ที่เหมาะสมกับแหล่งโบราณคดีที่สำรวจ

2. ทราบการกระจายตัวของวัตถุโบราณในบางพื้นที่ของแหล่งโบราณคดี

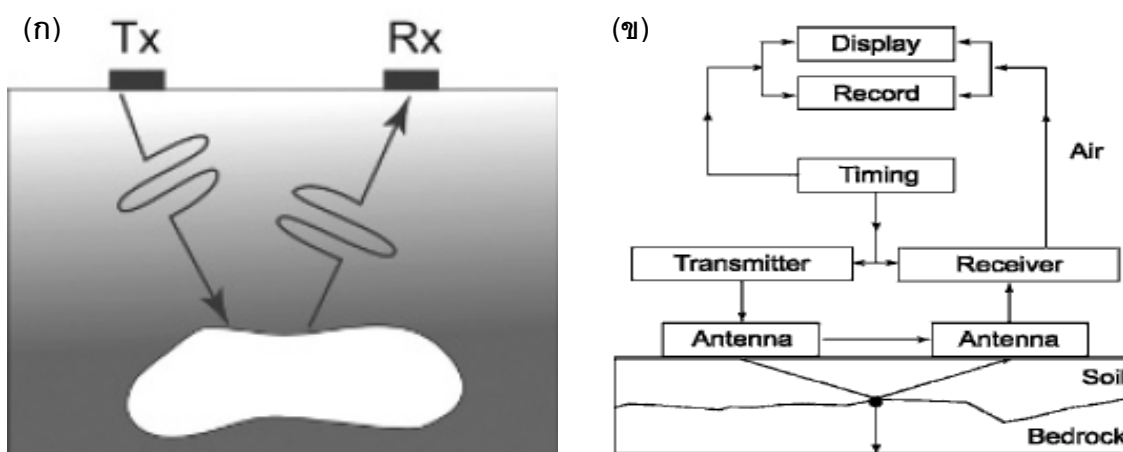
บทที่ 2

ทฤษฎีและวิธีการวิจัย (Theory and Methodology)

2.1. ทฤษฎีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยเรดาร์ (Ground Penetrating Radar Theory)

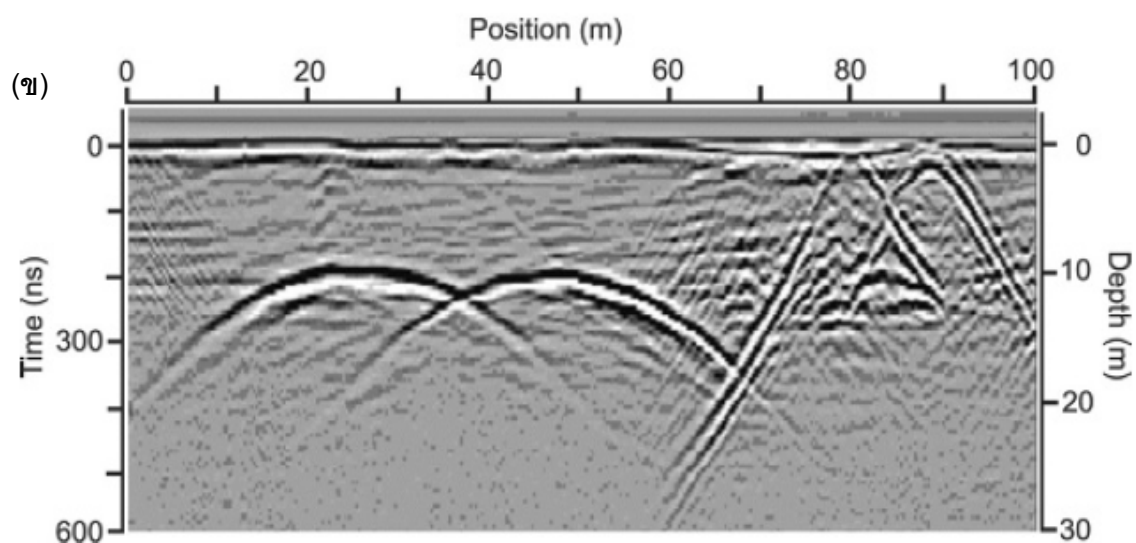
2.1.1. หลักการเบื้องต้น

การทดสอบ GPR เริ่มจากการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่วงความถี่สูงประมาณ 10 MHz – 1600 MHz เพื่อเก็บข้อมูลใต้ผิวดิน ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งออกไปนั้นจะกระจายออกจาก อุปกรณ์หัวส่งสัญญาณ (Transmitting Antenna) จากนั้นคลื่นจะเคลื่อนที่ผ่านไปใ้ในเนื้อวัสดุด้วยความเร็วคงที่ค่าหนึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุนั้นๆ ในขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ลึกลงไปในเนื้อวัสดุนั้น หากพบวัตถุที่ฝังอยู่ด้านใต้หรือพบความเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุ เช่น เกิดการเปลี่ยนแปลงของชั้นวัสดุจะเกิดการสะท้อนของคลื่นบางส่วนกลับขึ้นมาที่ผิวดิน อุปกรณ์หัวรับสัญญาณ (Receiving Antenna) จะรับสัญญาณที่สะท้อนขึ้นมา (รูป 2.1.) การแสดงผลของ GPR จะแสดงผลเป็นภาพต่อเนื่องในลักษณะภาพตัดขวาง ที่เป็นลักษณะโทนสีต่างๆ แสดงถึงสภาพด้านใต้ผิวดิน โดยลักษณะของการสะท้อนกลับเมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระทบกับวัตถุที่มีคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทำให้ผลการทดสอบที่ได้แสดงนั้นแสดงภาพของวัสดุอย่างชัดเจน(รูป 2.2.) เนื่องมาจากค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (Dielectric Constant) ของวัสดุแต่ละชนิดมีค่าตัวแตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อการสะท้อนคลื่นกลับไปยังตัวรับสัญญาณด้วยค่าคงที่ของวัสดุนั้นๆ



รูป 2.1. (ก) การส่งคลื่นและการรับสัญญาณของเครื่องมือ GPR และ (ข) ระบบการทำงานของเครื่องมือ GPR (Annan, 2009)

(ก)



รูป 2.2. (ก) ตัวอย่างพื้นที่ที่ศึกษาด้วยวิธี GPR และ (ข) ผลการสำรวจด้วยวิธี GPR (Annan, 2009)

ค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (Dielectric Constant) ของวัตถุแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกัน (ตาราง 2.1.) หรือเรียกว่า Dielectric Constant ในกรณีที่ในวัสดุสองชนิดมีค่า Dielectric Constant ที่ต่างกัน จะมีผลต่อการสะท้อนกลับของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้

ตาราง 2.1. ค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (Dielectric Constant) ของวัสดุต่างๆ (Daniels, 2007)

ชนิดของวัสดุ	ค่า Dielectric Constant
อากาศ	1
น้ำสะอาด	80
แอสฟัลต์:แห้ง	2-4
แอสฟัลต์:เปียก	6-12
ดินเหนียว	2-40
คอนกรีต:แห้ง	4-10
คอนกรีต:เปียก	10-20
ทราย:แห้ง	4-6
ทราย:อิ่มตัวด้วยน้ำ	10-30

2.1.2 การเลือกใช้ความถี่ของสายอากาศในการสำรวจ

ความลึกในการสำรวจและความคมชัดของข้อมูลเป็นปัจจัยหลักของการสำรวจด้วยวิธี GPR การใช้สายอากาศความถี่สูงจะให้ผลการสำรวจที่มีความชัดสูงแต่ความลึกในการสำรวจจะต่ำ ในทางกลับกันการใช้สายอากาศที่มีความถี่ต่ำจะให้ผลการสำรวจที่มีความละเอียดต่ำแต่มีความลึกในการสำรวจมากกว่าการใช้สายอากาศที่ใช้ความถี่สูง ในทางปฏิบัติเพื่อให้ได้ผลที่ดีที่สุดการเลือกใช้ความถี่ที่มีความจำเป็นมากโดยที่จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับสถานที่ที่สำรวจ ความลึกของวัตถุเป้าหมายที่ต้องการสำรวจ และจุดประสงค์ของการสำรวจ (ตาราง 2.2. และ 2.3.)

ตาราง 2.2. เปรียบเทียบการใช้ความถี่ของสายอากาศในการสำรวจ (Daniels, 2007)

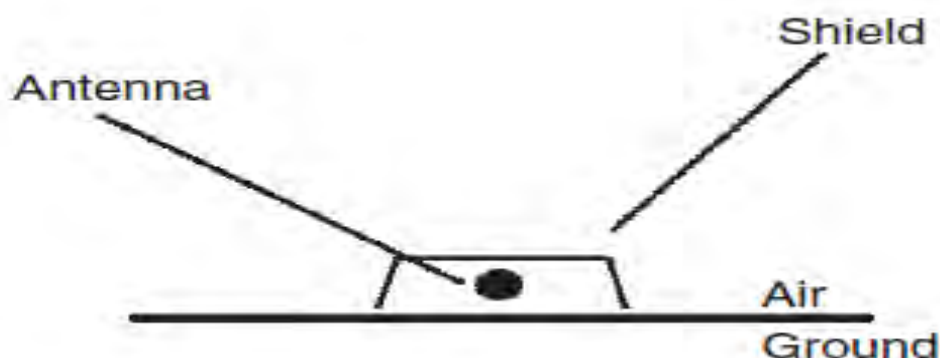
ความถี่	ความถี่สูง	ความถี่ต่ำ
ความยาวคลื่น	ความยาวคลื่นสั้น	ความยาวคลื่นยาว
การดูดซับคลื่น	การดูดซับคลื่นมาก	การดูดซับคลื่นน้อย
ความละเอียดคมชัดของคลื่นเรดาร์	ความละเอียดสูง	ความละเอียดต่ำ
ความลึกในการสำรวจสูงสุด	ตื้น	ลึก

ตาราง 2.3. แสดงการใช้งานและความลึกในการสำรวจของสายอากาศที่ผลิตจากบริษัท GSSI (2008)

ความถี่(MHz)	การใช้งาน	ความลึกในการสำรวจ (m)
200	ธรณีวิทยา, วิศวกรรม, สิ่งแวดล้อม	0-9
400	สาธารณูปโภค, วิศวกรรม, สิ่งแวดล้อม, ตรวจสอบหาโพรง	0-4
900	ตรวจสอบคอนกรีต, ตรวจสอบหาโพรง	0-1
1600	ตรวจสอบคอนกรีต	0-0.5

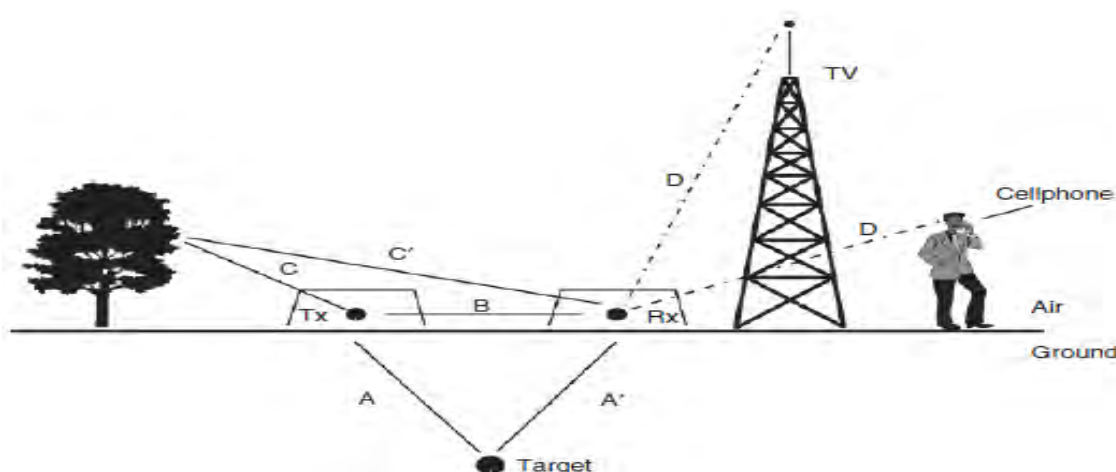
2.1.3. การป้องกันสัญญาณรบกวน

การทดสอบด้วยเครื่องมือ GPR จะมีความไวต่อสัญญาณรบกวนที่เกิดจากมนุษย์สร้างขึ้น เช่น สายไฟ โครงสร้างอาคาร สัญญาณจากโทรศัพท์มือถือ สัญญาณจากเสาโทรทัศน์ เป็นต้น หรือสัญญาณที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น หินขนาดใหญ่ รากไม้ โพรง ซึ่งมีวิธีป้องกันโดยการใช้สายอากาศที่มีการป้องกันการรบกวนของสัญญาณ (Shielded antenna) (รูป 2.3.)



รูป 2.3. เครื่อง GPR ที่มีการป้องกันการรบกวนของสัญญาณจากภายนอก (Annan, 2009)

สายอากาศที่ป้องกันการรบกวนของสัญญาณ(Shielded antenna) สามารถเดินทางจากเครื่องส่งสัญญาณไปยังเครื่องรับสัญญาณตามแนวเส้นทาง ซึ่งการสร้างสัญญาณจากสายอากาศที่มีการป้องกันการรบกวนของสัญญาณจะทำให้สัญญาณที่ได้มีชัดเจนและคมชัดมากขึ้น (รูป 2.4.)



รูป 2.4. เครื่อง GPR ส่งสัญญาณและตรวจรับสัญญาณ EM Wave ที่มาจากเครื่องส่งสัญญาณ (Annan, 2009)

2.1.4. ข้อดีของเครื่องมือ

1. วัตถุที่ทดสอบสามารถเป็นได้ทั้งโลหะและไม่ใชโลหะ ได้แก่ ท่อเหล็ก ท่อพีวีซี สายเคเบิล ระเบิด ไฟเบอร์กลาส เซรามิกส์ สามารถแสดงผลการทดสอบเป็น 3 มิติและด้วยความหลากหลายของเทคโนโลยีในการตรวจสอบวัสดุที่หลากหลายทำให้สามารถนำไปใช้กับงานก่อสร้าง รถไฟฟ้าใต้ดิน การตรวจสอบระเบิด การหาซากแหล่งโบราณคดี เป็นต้น
2. เครื่องมือ GPR ที่ตรวจสอบวัตถุใต้ดินที่มีความสามารถในการเก็บข้อมูลที่มีความละเอียดสูง การติดตั้งอุปกรณ์ การใช้งาน การพกพา มีความสะดวกและรวดเร็ว อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการทำการสำรวจยังมีความเหมาะสมกับข้อมูล
3. การเก็บข้อมูลมีความต่อเนื่อง โดยสามารถทำการติดตั้งตัวส่งสัญญาณและรับสัญญาณบนรถเข็นหรือล้อลากได้ ทำให้การเก็บข้อมูลมีความรวดเร็วกว่าวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์วิธีอื่น ซึ่งประโยชน์ข้อนี้คือสิ่งสำคัญอีกสิ่งหนึ่งที่ทำให้เลือกสำรวจด้วยวิธี GPR
4. การที่เครื่องมือ GPR พกพาสะดวก และมีความง่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ทำให้การสำรวจสามารถดำเนินการได้
5. ความแม่นยำของเครื่องมือ GPR ในด้านการเก็บข้อมูลทั้งแนวระดับและแนวตั้งสามารถแสดงในขณะที่ทำการสำรวจ ทำให้บอกได้ว่า ที่ตำแหน่งและความลึกเท่าใดมีวัตถุฝังอยู่ใต้ดิน

6. ตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ คือตัวเดียวกัน สามารถวางบนรถเข็นหรือรถลาก แล้วทำการส่งสัญญาณและรับสัญญาณไปพร้อมๆกันได้

7. ไม่ทำลายสถานที่และวัตถุที่ทดสอบ สามารถกำหนดพื้นที่ที่จะทำการขุดสำรวจได้แม่นยำ จึงเหมาะสำหรับงานด้านโบราณคดีซึ่งมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องหลีกเลี่ยงความเสียหายต่างๆที่จะส่งผลกระทบต่อโบราณสถานและโบราณวัตถุ

8. การเก็บข้อมูลที่มีความละเอียดสูงส่งผลให้การแปลผลใน 3 มิติ มีความแม่นยำสูงด้วย ทำให้การสำรวจด้วยวิธี GPR เป็นวิธีการสำรวจวัตถุ การระบุตำแหน่ง สถานที่ใต้ดินที่สำคัญอีกวิธีหนึ่ง

9. การได้มาซึ่งข้อมูลที่รวดเร็วและเหมาะสมกับราคาของวิธีการสำรวจด้วย GPR ทำให้มีผลดีสำหรับผู้ประกอบการทางธุรกิจที่จะลดเวลาและค่าใช้จ่ายลงได้

2.1.5. ข้อจำกัดของเครื่องมือ

1. ข้อจำกัดของเครื่องมือ GPR จะขึ้นกับสภาพของชั้นดินที่ทำการสำรวจเป็นสำคัญ
2. ความลึกความชัดเจนของข้อมูลจะขึ้นกับความถี่ของสายอากาศ
3. ใช้ได้ดีกับวัสดุที่มีความแตกต่างของค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (Dielectric Constant)
4. ไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีของเหลวที่มีสภาพการนำไฟฟ้าสูง

2.2. วิธีการวิจัย (Methodology)

รวบรวมข้อมูล เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทำการเลือกพื้นที่สำรวจ

สำรวจภาคสนาม

- ปรับสภาพพื้นที่
- วางแนวเส้นทางการสำรวจ
- เชื่อมต่ออุปกรณ์และตรวจสอบสถานะความพร้อมของเครื่องมือ GPR
- ตั้งค่า ปรับแก้ค่าตัวแปรและใส่ตัวแปรที่จำเป็น
- วัดค่าเริ่มต้นก่อนเก็บข้อมูลจริง
- ทำการเก็บข้อมูลด้วยความถี่ของ EM Waves ที่ต่างกัน
- ประมวลผลด้วยโปรแกรม Radan 6.0
- แปลผลการสำรวจให้เป็นรูปภาพ

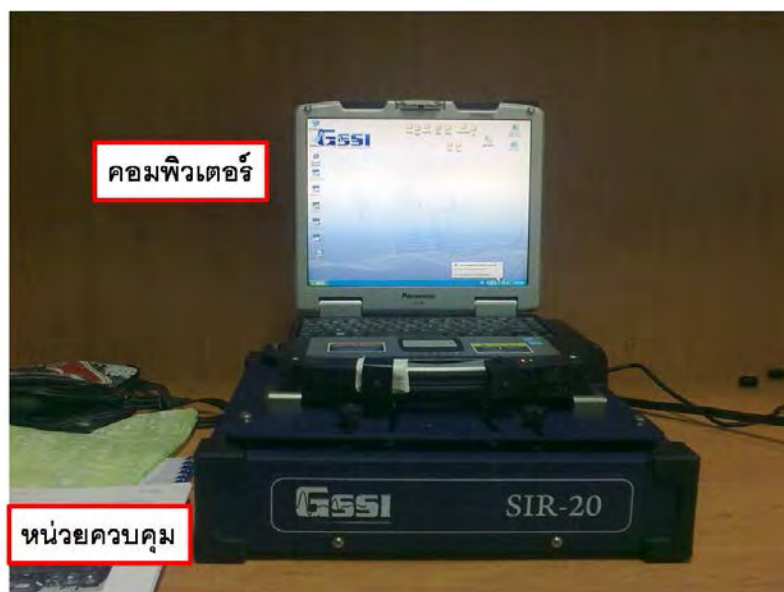
แปลความหมายและอภิปรายผล

สรุปผลการศึกษา

เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์และนำเสนอผลงาน

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Tough book หรือคอมพิวเตอร์ มีหน้าที่ในการบันทึกผล แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ประมวลผล และ หน่วยควบคุม (Control Unit) (รูป 2.5.)



รูป 2.5. อุปกรณ์ในการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดงคอมพิวเตอร์ และ หน่วยควบคุม

2. อุปกรณ์หัวส่งและรับสัญญาณ (Transmitting and Receiving Antenna) และสายเคเบิล (รูป 2.6.)



รูป 2.6. อุปกรณ์ในการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดง อุปกรณ์หัวส่งและรับสัญญาณ และ สายเคเบิล

3. อุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ ตลับเมตร เชือกฟาง ตะปู กรรไกร สีสเปรย์ แบตเตอรี่ (รูป 2.7.)



รูป 2.7. อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดง อุปกรณ์อื่นๆ

บทที่ 3

การสำรวจภาคสนาม (Field Investigation)

3.1. คัดเลือกพื้นที่ศึกษา (Site Selection)

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมแหล่งโบราณคดี อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

แหล่งที่ 1: เตาสวาย บ้านโคกใหญ่ ตำบลโนนเจริญ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์(รูป 3.1.) สภาพพื้นที่โดยทั่วไป มีความลาดเอียง หน้านดินเป็นหลุมและบ่อขนาดใหญ่ที่เกิดจากการพังของเตา มีการเปิดหน้าเตาบางส่วนและสร้างเป็นอาคารพิพิธภัณฑ์ เตาสวายเป็นเตาชนิดไล่ความร้อน มีขนาดประมาณ 5x12 เมตร พบหลักฐานการสร้างทับถมกันของเตาทำให้การหาอายุที่แท้จริงของเตานั้นทำได้ยาก วัสดุที่ใช้ในการสร้างเตาชนิดนี้คือดินเหนียว อาจผสมฟางหรือกลบข้าว และมีไม้ไผ่เป็นแกน ที่บริเวณใกล้เคียงพบเนินดินมีความสูงประมาณ 1-2 เมตร โดยมีการกระจายตัวของเศษเครื่องปั้นดินเผามากมายเนื่องจากเป็นเศษชิ้นส่วนที่เผาแล้วเกิดการชำรุดจึงไม่ได้นำไปจำหน่ายหรือนำไปใช้งาน จากหลักฐานทางโบราณคดีคาดว่าเตาสวายสร้างในช่วงพุทธศตวรรษที่ 15-17

พื้นที่นี้มีการขุดเปิดหน้าเตาบางส่วน พบว่าวัสดุที่ใช้ในการสร้างเตาและดินที่อยู่ในบริเวณนี้เป็นชนิดเดียวกัน ทำให้ค่า Dielectric constant มีค่าใกล้เคียงกัน การใช้เครื่อง GPR ซึ่งเป็นการสำรวจโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นจะทำให้สังเกตเห็นความแตกต่างของเตาและดินได้ยาก



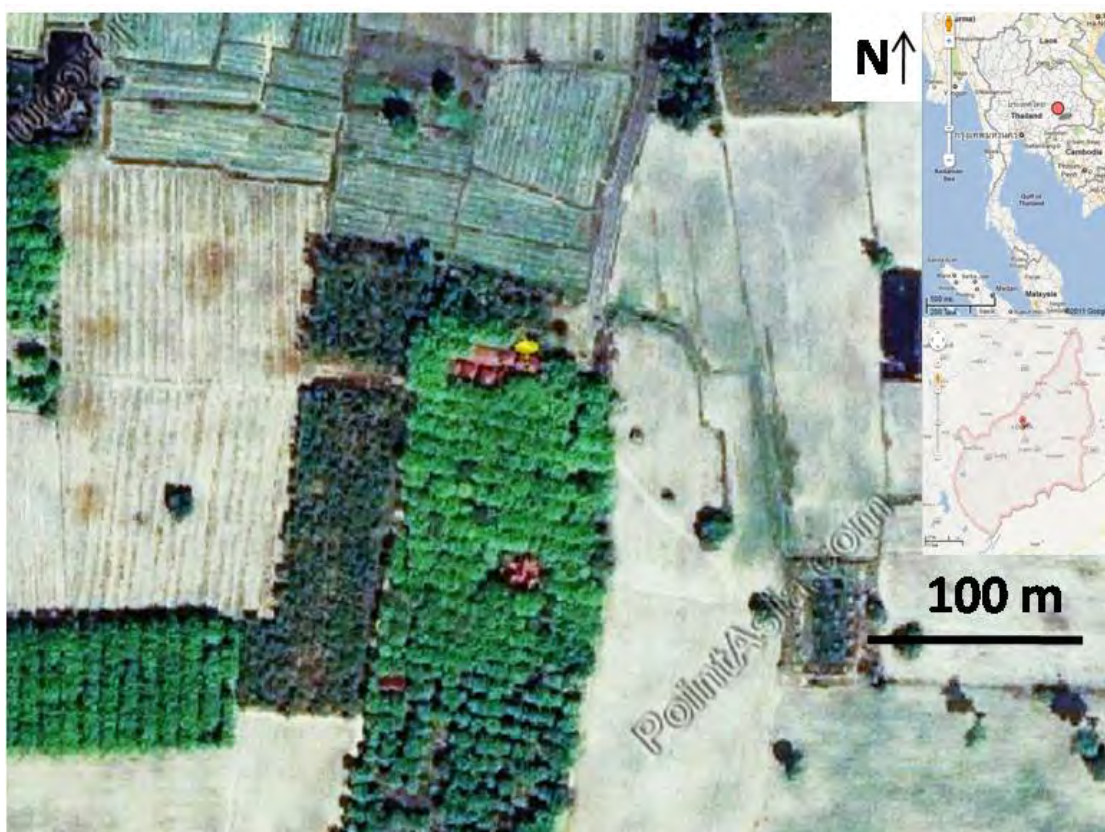
รูป 3.1. แผนที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ แสดงแหล่งโบราณคดีเตาสวาย บ้านโคกใหญ่

แหล่งที่ 2: เตาถลุงเหล็ก บ้านเขาดินใต้ ตำบลบ้านกรวด อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ (รูป 3.2.) สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นเนินดินสูงประมาณ 2-5 เมตร มีต้นไม้ขึ้นมากมาย และพบตะกอนที่เกิดจากการถลุงเหล็กกระจายอยู่เป็นบริเวณกว้าง เนื่องจากเป็นแหล่งที่เกิดจากการสกัดทำให้มีคุณภาพต่ำ เคยมีการขุดสำรวจที่บริเวณนี้ พบหลักฐานการสร้างเตาถลุงเหล็ก โดยมีการสร้างซ้อนทับกันหลายครั้ง แต่ได้ทำการกลับไปแล้ว จากหลักฐานทางโบราณคดีพบว่าเตาถูกสร้างในสมัยพุทธศตวรรษที่ 18 จากสภาพพื้นที่ที่กล่าวมานั้น ทำให้การเข้าถึงพื้นที่และการปรับพื้นที่ในการสำรวจค่อนข้างยุ่งยาก



รูป 3.2. แผนที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ แสดงแหล่งโบราณคดีเตาถลุงเหล็ก บ้านเขาดินใต้

แหล่งที่ 3: แหล่งโบราณวัตถุวัดป่าพระสบาย บ้านบึงเก่า ตำบลบึงเจริญ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ (รูป 3.3.) สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นวัด ปลูกต้นยางอยู่ทั่วบริเวณ มีอาคารพิพิธภัณฑสถานเก็บรักษาโบราณวัตถุ เช่น โครงกระดูกช้าง เครื่องปั้นดินเผา กำไล ลูกปัด เครื่องมือเครื่องใช้ที่ทำจากโลหะ เป็นต้น จากหลักฐานทางโบราณคดีพบว่าบริเวณนี้เป็นแหล่งเตาถลุงเหล็กแต่ไม่สามารถทำการสำรวจได้เนื่องจากพื้นที่ได้ถูกใช้งานเป็นสวนยางแล้ว อายุคาดว่าน่าจะอยู่ในยุคเดียวกันกับเตาถลุงเหล็กบ้านเขาดินใต้คือประมาณพุทธศตวรรษที่ 18



รูป 3.3. แผนที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ แสดงแหล่งโบราณวัตถุวัดป่าพระสบาย บ้านบึงเก่า

แหล่งที่ 4: ปราสาททอง บ้านปราสาท ตำบลปราสาท อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ (รูป 3.4.) สภาพพื้นที่โดยทั่วไป เป็นปราสาทที่ยังไม่ได้รับการบูรณะ มีคลองเกือบล้อมรอบตัวปราสาท รอบๆของปราสาทพบต้นจามจรีขนาดใหญ่ปลูกเป็นแนว จากการสอบถามได้ความว่า ต้นจามจรีมีมาแต่นานแล้วซึ่งน่าจะปลูกพร้อมๆ กับการสร้างปราสาทก็เป็นได้ และมีบางบริเวณที่ยังไม่ได้ทำการขุดค้น ตัวปราสาทหันไปทางทิศตะวันออก สันนิษฐานว่า น่าจะมีทางเดินและบารายที่ด้านหน้าของปราสาท



รูป 3.4. แผนที่อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ แสดงแหล่งโบราณคดีปราสาททอง บ้านปราสาท

จากการสำรวจบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้ง 4 แห่ง ได้ทำการเลือกแหล่งที่ 4 เป็นพื้นที่ศึกษาโดยอาศัย หลักในการคัดเลือก ได้แก่ วัสดุที่ใช้ทำโบราณวัตถุหรือก่อสร้างโบราณสถานเนื่องจากต้องอาศัยค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (Dielectric Constant) ในการสะท้อนกลับของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สภาพโดยทั่วไปของพื้นที่ เช่น การเข้าถึงของพื้นที่สำรวจไม่ยากจนเกินไป ลักษณะภูมิประเทศมีสิ่งปลูกสร้างกีดขวางแนวเส้นทางการสำรวจ เป็นต้น

โบราณสถานในพื้นที่ศึกษาหันไปทางทิศตะวันออก บริเวณด้านหน้ามีโรงเรียนบ้านปราสาททอง บ้านพักครูและถนนคอนกรีตล้อมรอบตัวปราสาท ฝั่งตรงข้ามของปราสาทมีถนนลาดยางกั้นก่อนจะมีพื้นที่โล่ง ที่พักอาศัยและร้านค้า จากรูปแบบของของปราสาทที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับปราสาทเมืองต่ำแต่มีขนาดเล็กกว่าจึงสันนิษฐานว่าพื้นที่บริเวณนี้น่าจะมีความเกี่ยวข้องกับปราสาททอง ด้านทิศเหนือของปราสาทเป็นคูน้ำมีต้นจามจรีขนาดใหญ่ขึ้นอยู่ที่ขอบของคูน้ำ จากการสอบถามผู้สูงอายุในพื้นที่พบว่าต้นจามจรีนี้มีมานานแล้ว อาจจะมีพร้อมๆ กับการสร้างปราสาทก็เป็นได้ ด้านทิศใต้ของปราสาทมีคูน้ำ และต้นจามจรีเหมือนกับทางด้านทิศเหนือ ด้านทิศตะวันตกของปราสาทมีคูน้ำต่อเนื่องจากทางทิศใต้ของตัวปราสาทแต่มีบางส่วนแห้งไปบ้างแล้ว (รูป 3.5.)

(ก) แสดงลักษณะทั่วไปของตัวปราสาท



(ข) แสดงพื้นที่ด้านหน้าของตัวปราสาท



(ค) แสดงพื้นที่โล่งตรงข้ามของตัวปราสาท



(ง) แสดงพื้นที่ด้านทิศเหนือของตัวปราสาท



(จ) แสดงพื้นที่ด้านทิศใต้ของตัวปราสาท

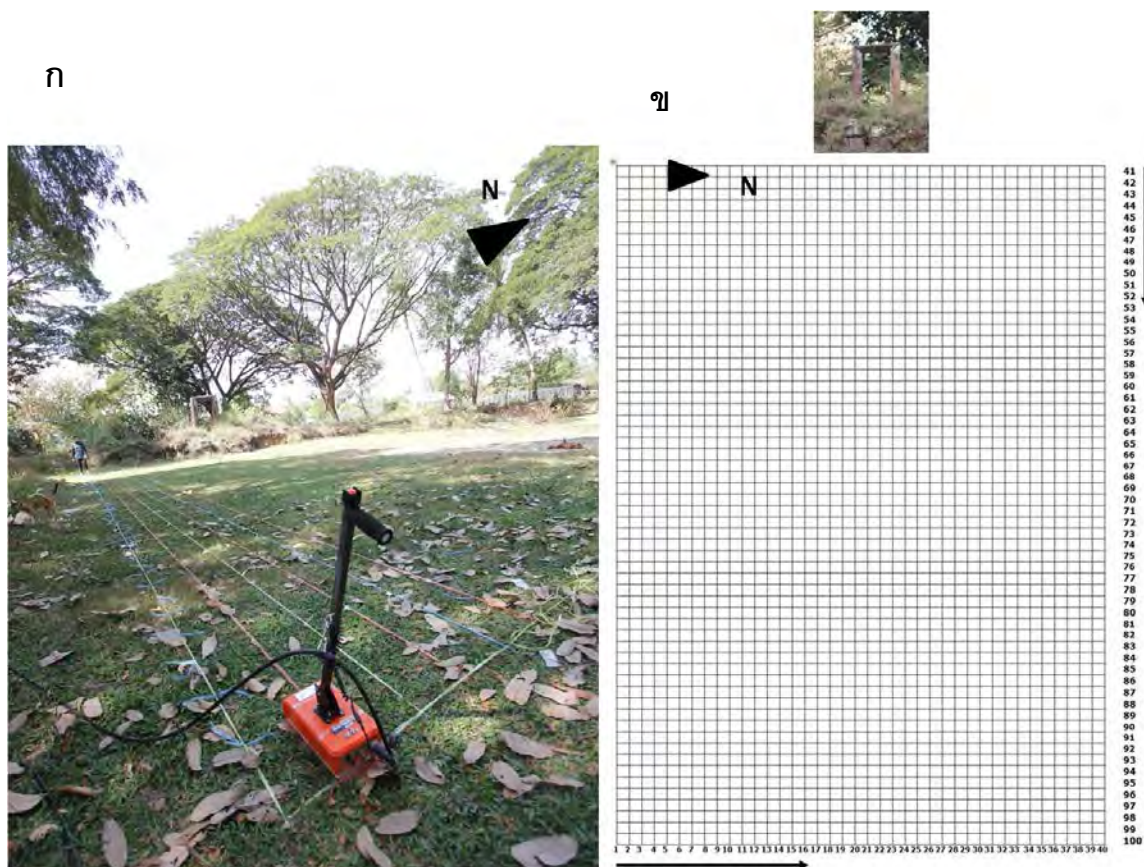


(ฉ) แสดงพื้นที่ด้านทิศตะวันตกของตัวปราสาท



รูป 3.5. แสดงลักษณะพื้นที่โดยทั่วไปของปราสาททอง

จากลักษณะทั่วไปของพื้นที่ สามารถวางแผนเส้นทางสำรวจได้ทั้งหมด 100 แนวเส้นทาง แนวเส้นทางสำรวจทิศตะวันตกทิศตะวันออก มีทั้งสิ้น 60 แนวเส้นทาง เส้นทางสำรวจทิศใต้ทิศเหนือ มีทั้งสิ้น 40 แนวเส้นทาง (รูป 3.6.)



รูป 3.6. แสดงแนวเส้นทางสำรวจด้วย GPR (ก) สภาพทั่วไปของแนวเส้นทางสำรวจ และ (ข) แผนผังแนวเส้นทางสำรวจ

3.2. ตรวจสอบความถี่ของหัววัด (Antenna Frequency Investigation)

การสำรวจด้วยวิธี GPR โดยการใช้สายอากาศที่มีความถี่แตกต่างกันโดยเครื่องที่ทำการทดสอบความถี่มีด้วยกันทั้งสิ้น 4 ความถี่ ได้แก่ 200 MHz 400 MHz 900 MHz และ 1600 MHz ผลที่ได้จากการทดสอบจะมีความแตกต่างกันขึ้นกับ ความถี่ แอมพลิจูด ความลึก ซึ่งจะทำให้การสำรวจในแนวเส้นทางสำรวจของพื้นที่เดียวกัน

3.3. สํารวจวัสดุที่มีความแตกต่างกัน (GPR Investigation of Different Material)

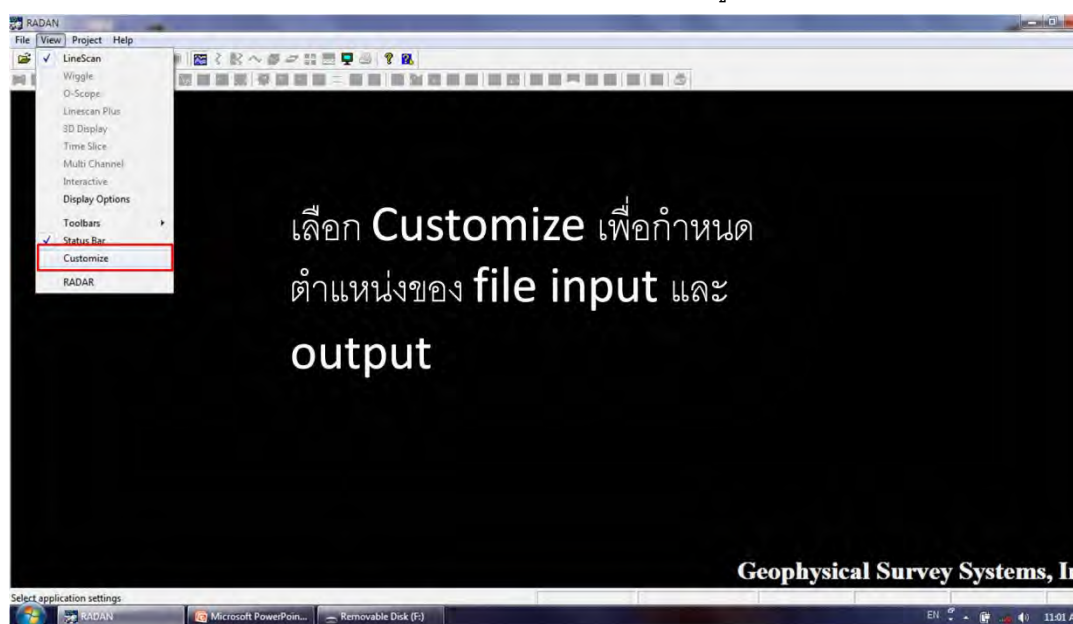
การสำรวจด้วยวิธี GPR ในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันของวัสดุ กรณีตัวอย่าง เช่น การสำรวจบริเวณที่มีสภาพพื้นที่ทั่วไปเป็นดินเหนียวปนกับดินทรายและมีวัตถุที่ทำด้วยเหล็กหรือศิลาแลงฝังอยู่ใต้ดิน ซึ่งจะทำให้มีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกต่างกันผลที่ได้คือจะเห็นความแตกต่างของค่าความผิดปกติที่เกิดขึ้นหากว่ามีวัตถุดังกล่าวที่มีขนาดของวัตถุอยู่ในช่วงที่ความละเอียดของสายอากาศตรวจสอบได้อยู่ใต้ดินในระดับความลึกที่ความสามารถของสายอากาศสามารถแสดงผลได้

3.4. สํารวจวัสดุที่เหมือนกัน (GPR Investigation of Same Material)

การสำรวจด้วยวิธี GPR ในพื้นที่ที่มีความเหมือนกันของวัสดุ กรณีตัวอย่าง เช่น การสำรวจบริเวณที่เป็นเนินทรายมีสภาพพื้นที่ทั่วไปเป็นดินทรายที่เกิดจากการตกสะสมตัวในช่วงเวลาที่แตกต่างกันหรือการสำรวจบริเวณที่เป็นสระน้ำโบราณแล้วมีการถมของดินในยุคปัจจุบัน ค่าความผิดปกติที่ได้จะแสดงเป็นแนวการตกสะสมตัวหรือแนวที่เกิดการถมดินเนื่องจากค่าคงตัวไดอิเล็กทริกต่างกันไม่มากนัก

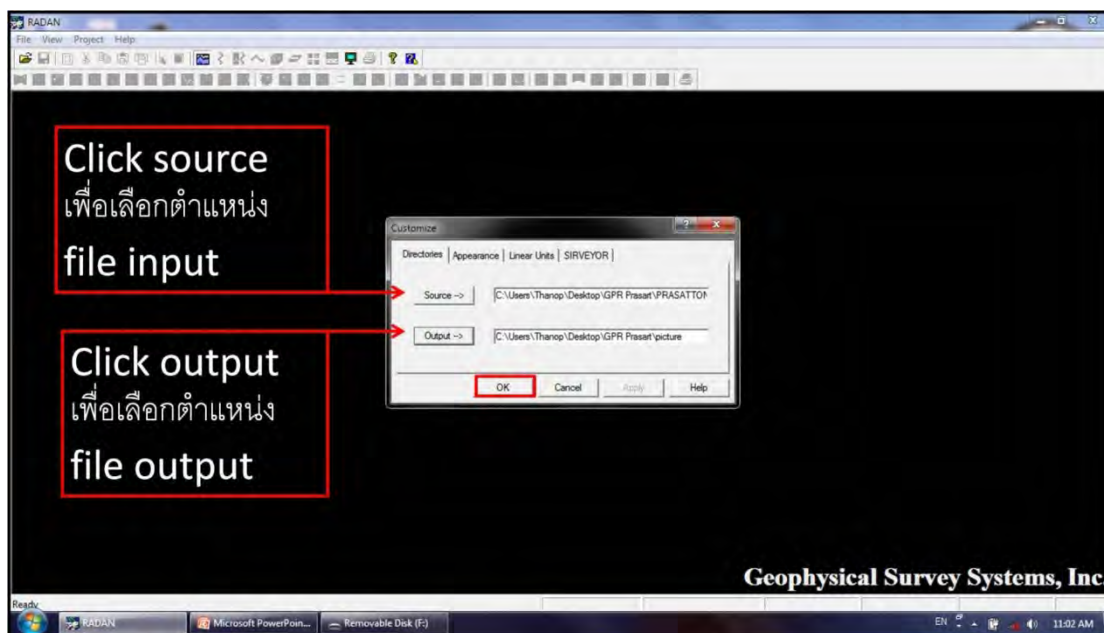
3.5. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

1. สร้าง Folder เพื่อใช้สำหรับเก็บไฟล์ข้อมูลผลการสำรวจ
2. เปิดโปรแกรม RADAN 6.0 เลือก view > customize (รูป 3.7.)



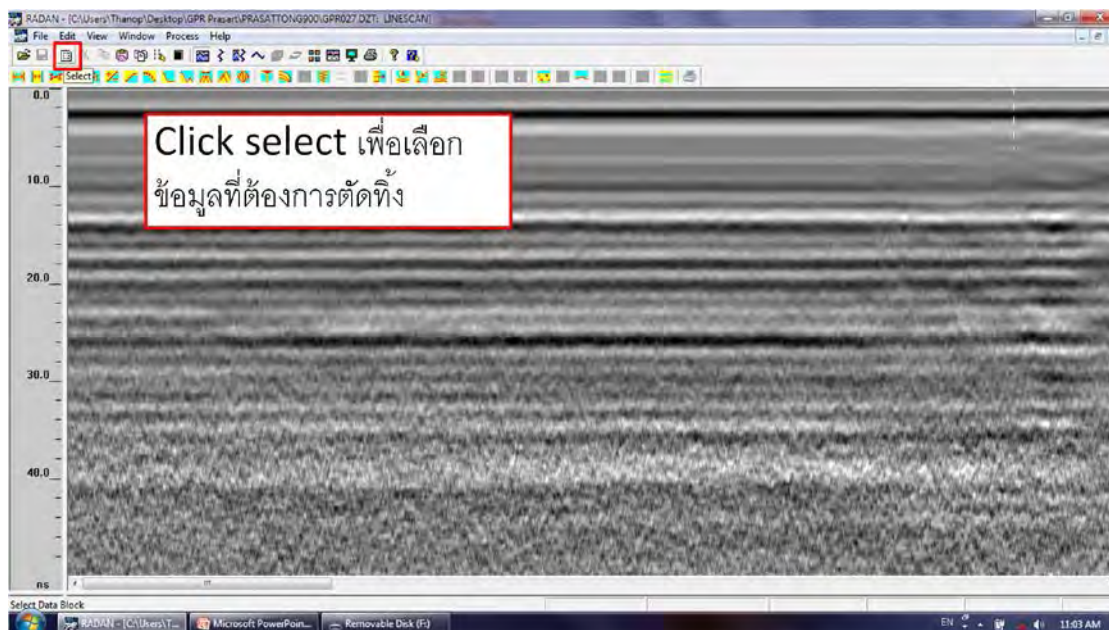
รูป 3.7. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงการกำหนดตำแหน่งของ File

3. Click source เพื่อเลือกตำแหน่งของ File input > Click output เพื่อเลือกตำแหน่งของ File output > OK (รูป 3.8.)



รูป 3.8. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงการเลือกตำแหน่งของ file input และ output

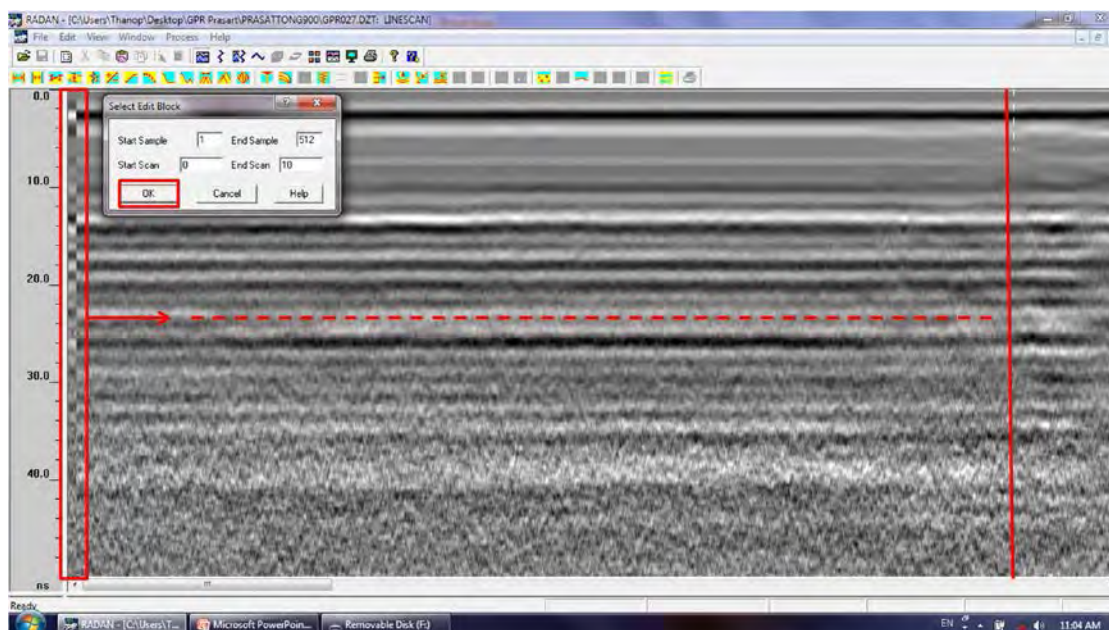
4. เปิด File ที่ต้องการแปลผลข้อมูล แล้วทำการตัดสัญญาณที่ไม่ต้องการโดย Click Select (รูป 3.9.)



รูป 3.9. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงการตัดสัญญาณที่ไม่ต้องการ

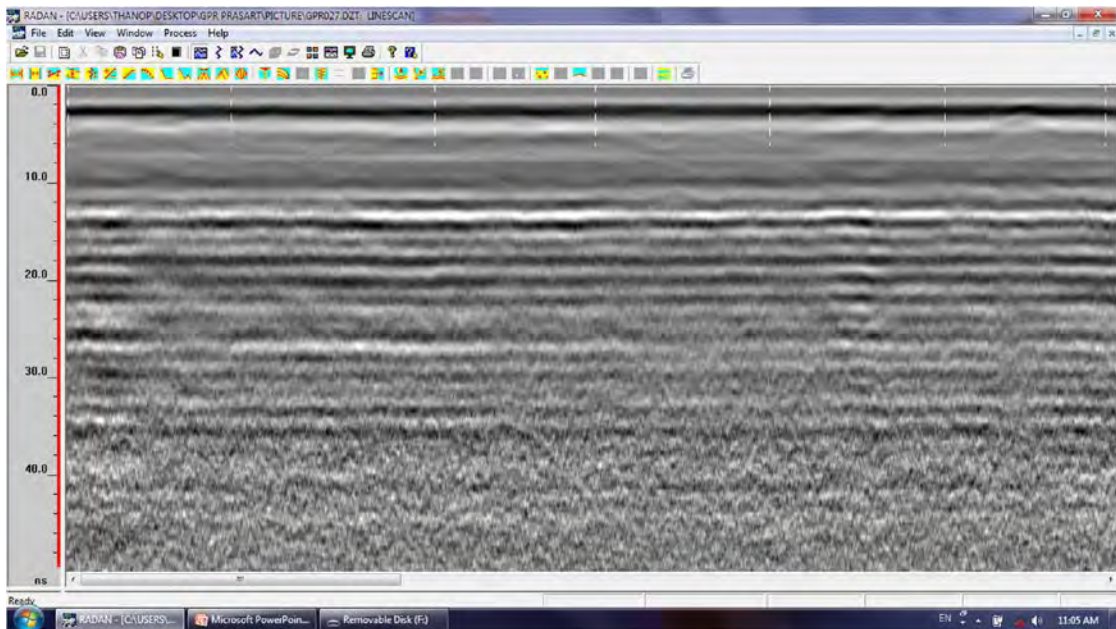
5. ลากลูกศรสีแดงตามแนวเส้นประจนถึงเส้นที่สีแดงเพื่อเลือกไปที่ต้องการตัดทิ้ง > OK

(รูป 3.10.)



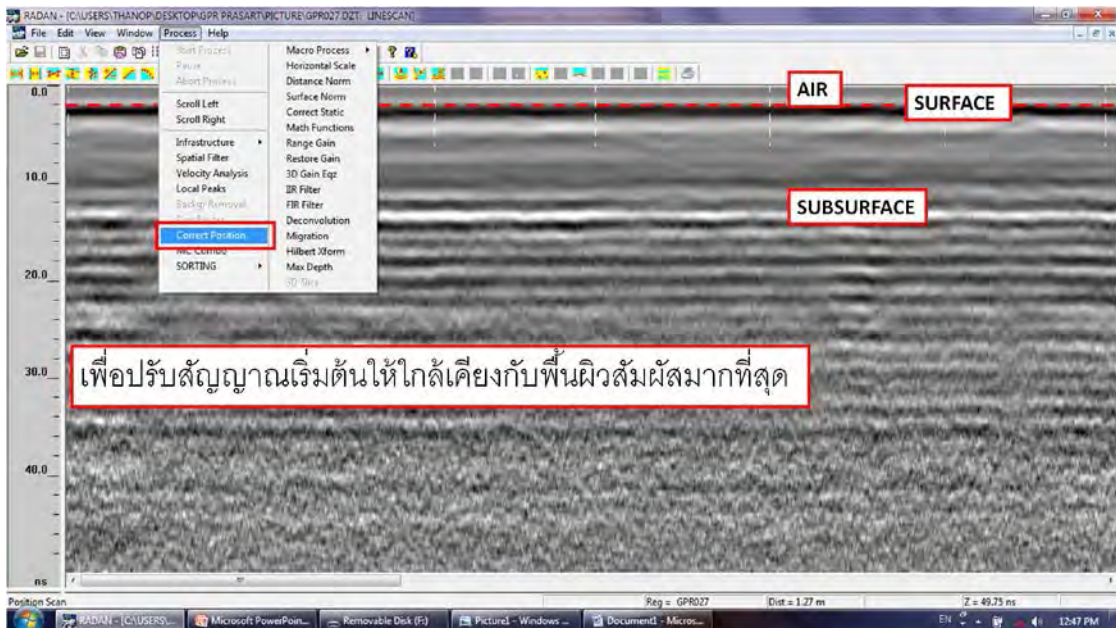
รูป 3.10. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN6.0 แสดงการเลือกข้อมูลสัญญาณที่ต้องการตัดทิ้ง

6. Click Delete เพื่อตัดข้อมูลที่ได้เลือกไว้จากข้อที่ 5 > Save (รูป 3.11.)

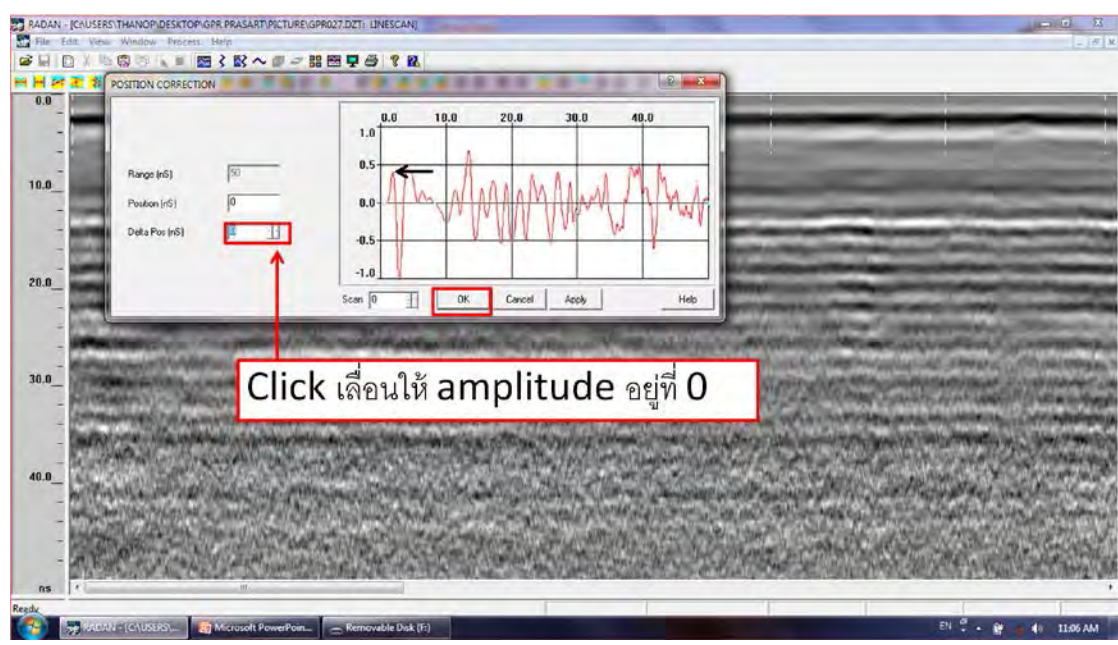


รูป 3.11. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN6.0แสดงผลที่ได้จากการตัดข้อมูล

7. Click Process > Correct Position เพื่อปรับสัญญาณเริ่มต้นให้มีความใกล้เคียงกับพื้นผิวสัมผัสมากที่สุด (รูป 3.12.) > Click (รูป 3.13.) เพื่อเลื่อนให้ amplitude ไปอยู่ที่ตำแหน่ง 0 > OK

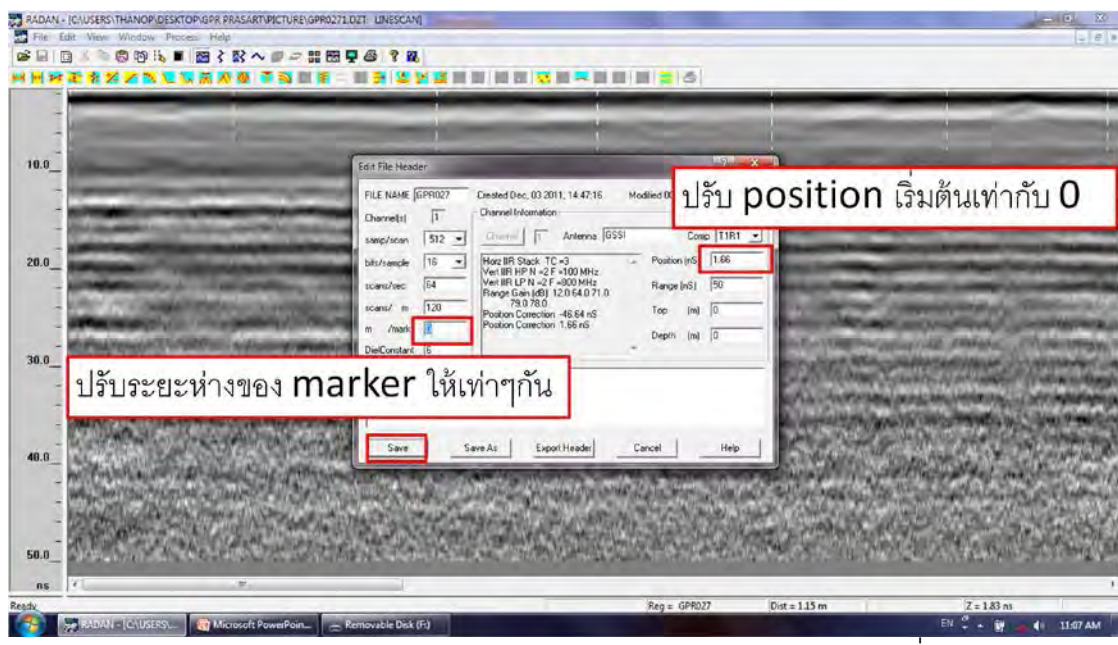


รูป 3.12. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงการปรับระดับของสัญญาณให้ใกล้เคียงกับผิวสัมผัส



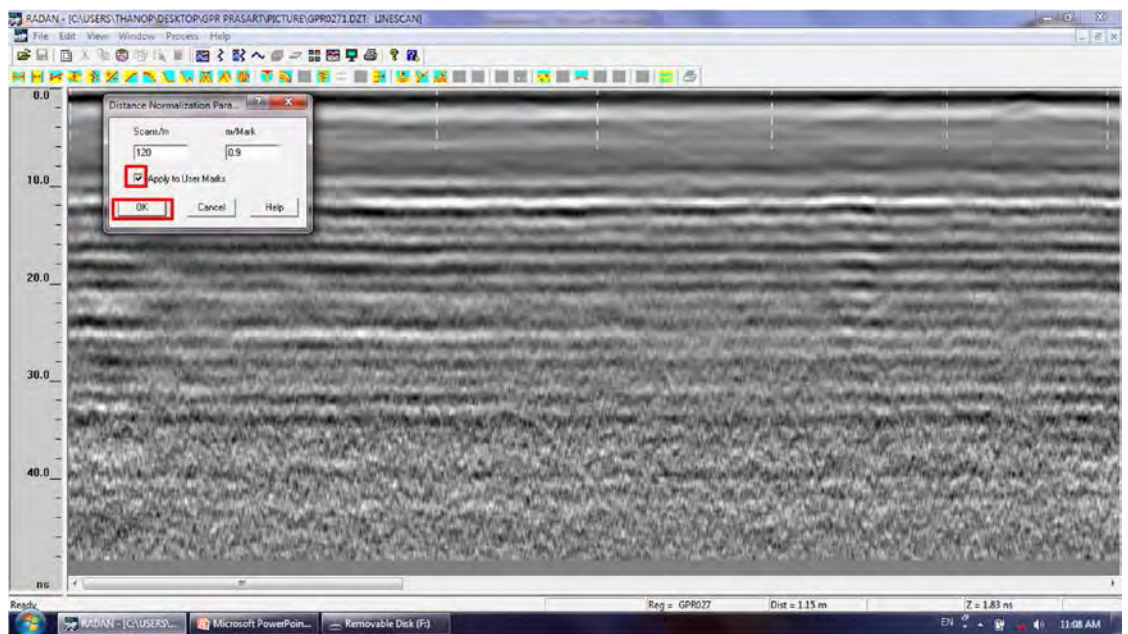
รูป 3.13. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN6.0 แสดงตำแหน่งของ Amplitude

8. Click Edit เลือก File Header เพื่อปรับ Position เริ่มต้นเท่ากับ 0 และในกรณีที่ใช้สำรวจโดยเลือกระบบ Free run ต้องปรับระยะห่างของ marker ด้วย > Save (รูป 3.14.)



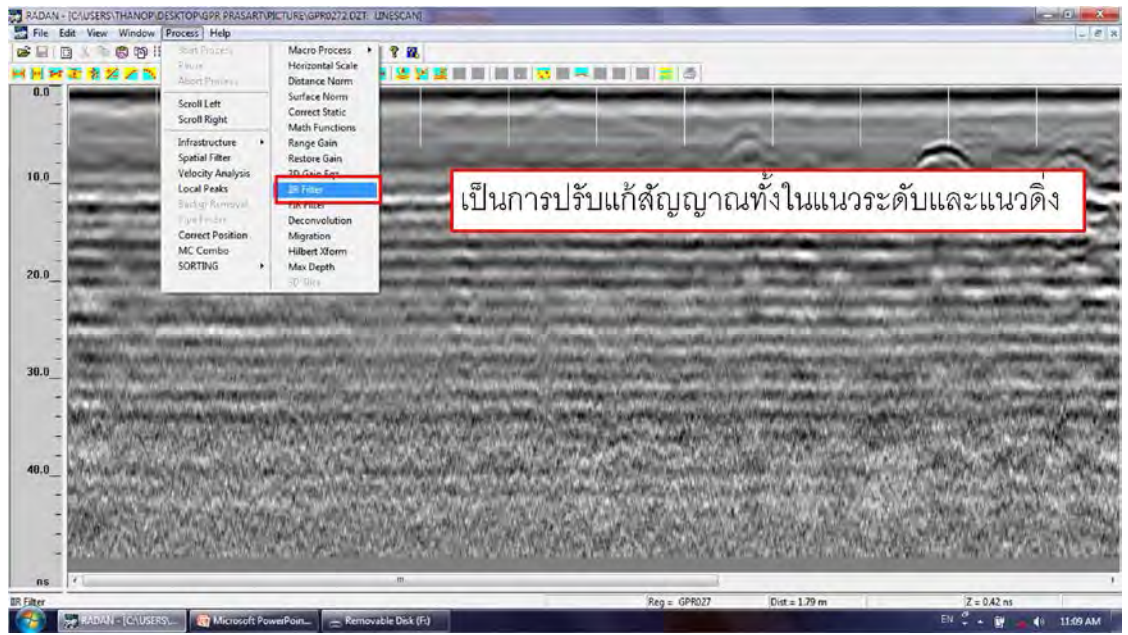
รูป 3.14. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงการปรับ Position เริ่มต้นและระยะห่างของ Marker

9. Click Process เพื่อเลือก Distance Norm > Apply to User Markers > OK (รูป 3.15.)



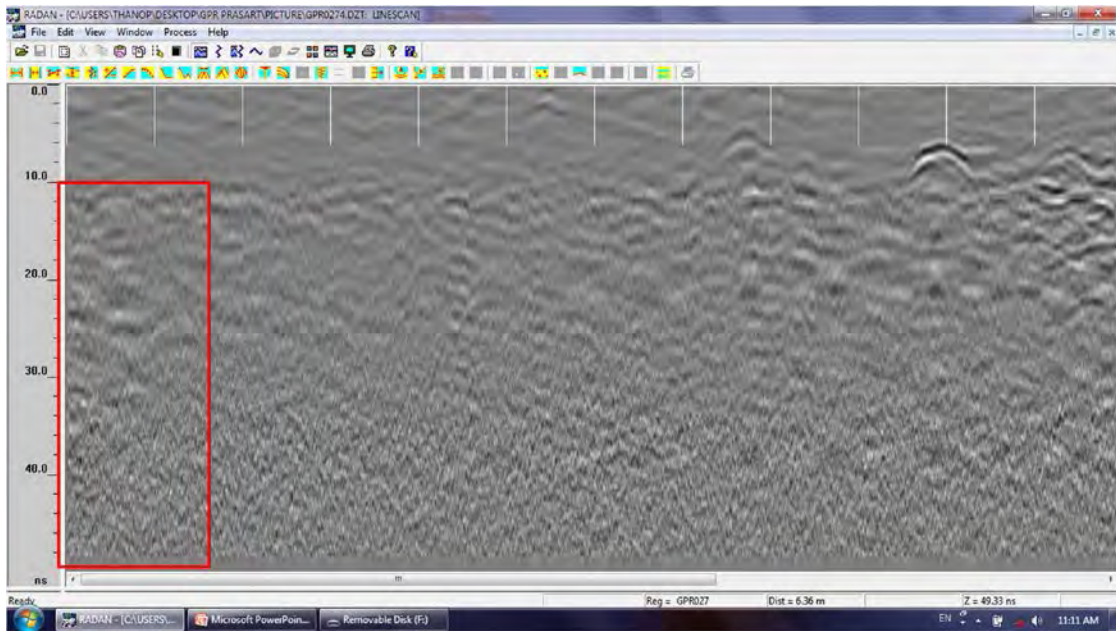
รูป 3.15. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0แสดงการตั้งค่า Distance Norm

10. Click Process > IIR Filter เพื่อปรับแก้สัญญาณรบกวนทั้งในแนวระดับและแนวตั้ง (รูป 3.16.) > ใส่ค่าความถี่ที่ต้องการกำจัดซึ่งจะแตกต่างกันไปตามความถี่ของสายอากาศที่ใช้>OK



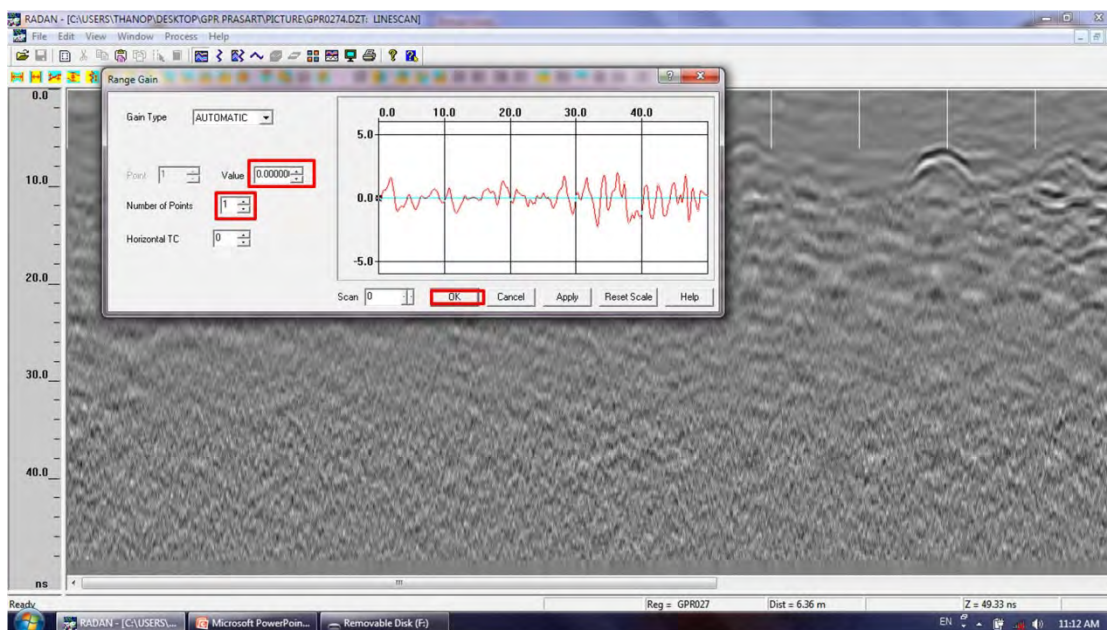
รูป3.16. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0แสดงการปรับแก้สัญญาณรบกวน

11. Click Process เพื่อเลือก FIR Filter เพื่อตัดสัญญาณ Background เมื่อตัดสัญญาณ Background (รูป 3.17.)

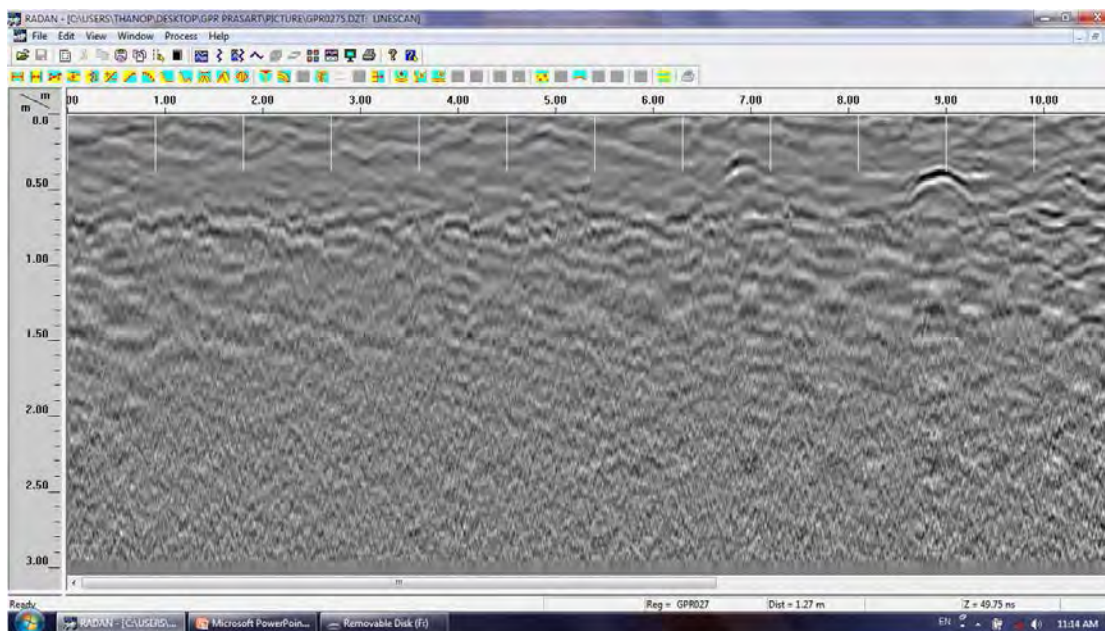


รูป 3.17. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงผลจากการตัดสัญญาณ Background

12. Click Process เลือก Rang Gain เพื่อปรับความคมชัดของสัญญาณ > OK (รูป 3.18.:3.19.)



รูป 3.18. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงการปรับความคมชัดของสัญญาณ



รูป 3.19. การแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม RADAN 6.0 แสดงผลที่ได้จากการแปลข้อมูล

บทที่ 4

ผลการสำรวจ (Result)

4.1. ทดสอบความถี่ของห้วงวัด (Antenna Frequency Investigation)

สายอากาศความถี่ 200 MHz เป็นสายอากาศที่เหมาะสมจะใช้สำรวจในลักษณะที่เป็นโครงสร้างขนาดใหญ่และมีความลึกค่อนข้างมากซึ่งสามารถสำรวจได้ลึกถึง 10 เมตร แต่ความคมชัดของสายอากาศนี้จะอยู่ที่ประมาณ 5 เมตร ซึ่งเป็นผลมาจากการลดทอนสัญญาณของ EM wave สายอากาศนี้จึงเหมาะสำหรับงาน ด้านธรณีวิทยา สิ่งแวดล้อม วิศวกรรม หากจะนำมาใช้กับงานด้านโบราณคดีนั้น สามารถทำได้ แต่การค้นพบจะประสบความสำเร็จได้น้อย เนื่องจากโบราณวัตถุอาจมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก และสภาพโบราณวัตถุที่ไม่สมบูรณ์ เช่น แตกเป็นชิ้นๆ

สายอากาศความถี่ 1600 MHz เป็นสายอากาศที่เหมาะสมกับงานด้านการตรวจสอบถนนคอนกรีต เช่น หาโพรงหรือตรวจสอบเหล็กของถนนว่ามีคุณสมบัติถูกต้องตามที่ระบุหรือไม่ เหมาะกับงานที่ค่อนข้างละเอียด ความลึกในการสำรวจประมาณ 40 cm ซึ่งเป็นระดับที่ตื้นมากจึงไม่เหมาะกับงานด้านการสำรวจทางโบราณคดี

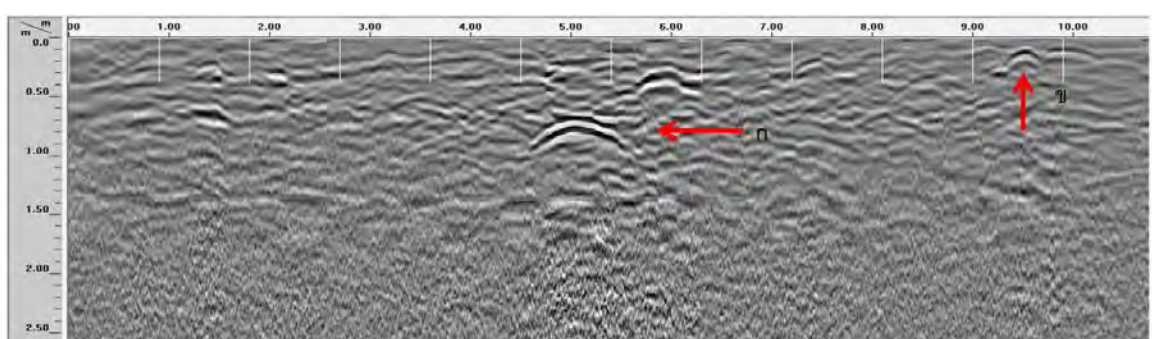
การสำรวจด้วยวิธี GPR โดยการใช้สายอากาศที่มีความถี่ 400 MHz และ สายอากาศที่มีความถี่ 900 MHz สำรวจในแนวเส้นทางการสำรวจเดียวกัน พบว่า สายอากาศที่มีความถี่ 900 MHz จะสะท้อนสัญญาณได้ชัดเจนและระบุขอบเขตของวัตถุได้ดีกว่าสายอากาศที่มีความถี่ 400 MHz ในระดับความลึกเดียวกัน ซึ่งจะทำให้สามารถระบุตำแหน่งของวัตถุได้แม่นยำกว่า จึงได้นำสายอากาศที่มีความถี่ 900 MHz มาทำการสำรวจในแหล่งโบราณสถานเพื่อหาการกระจายตัวของโบราณวัตถุในพื้นที่สำรวจ (รูป 4.1.)



รูป 4.1. การสำรวจด้วย GPR แสดงผลที่ได้จากการทดสอบความถี่ของหัววัด (ก) ความถี่ 400 MHz และ (ข) ความถี่ 900 MHz

4.2. สำรวจวัสดุที่มีความแตกต่างกัน (GPR Investigation of Different Material)

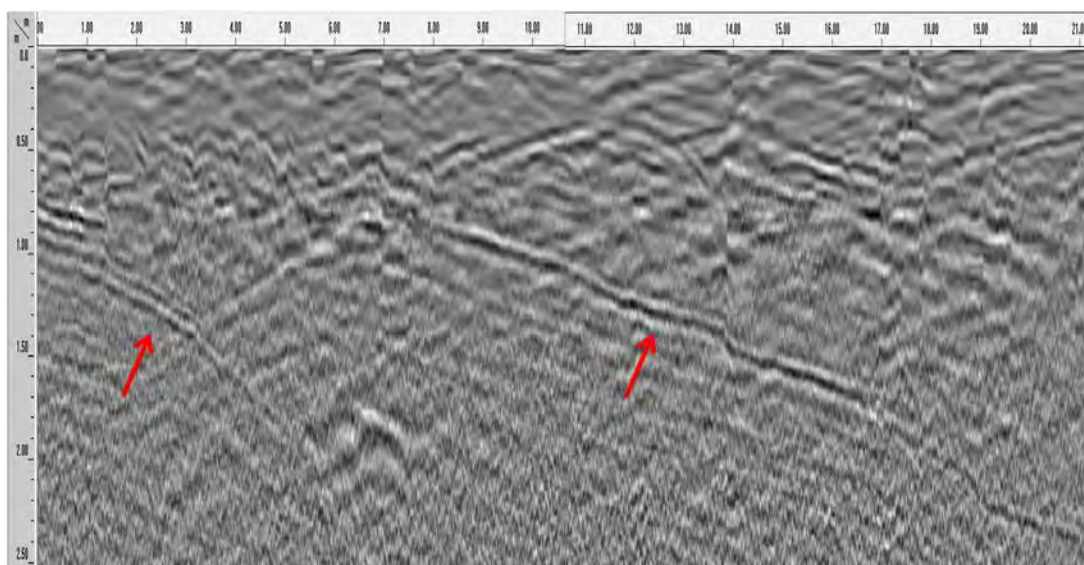
การสำรวจด้วยวิธี GPR ในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันของวัสดุโดยมีสภาพพื้นที่ทั่วไปเป็นดินเหนียวปนกับดินทรายและมีวัตถุฝังอยู่ใต้ดินจะทำให้เกิดความแตกต่างกันของค่าคงตัวไดอิเล็กทริก ส่งผลให้ความชัดเจนของสัญญาณแปรผันโดยตรงกับค่าความแตกต่างของค่าคงตัวไดอิเล็กทริก ลักษณะสีของสัญญาณค่าความผิดปกติที่ปรากฏในบริเวณที่มีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกต่ำจะสังเกตเห็นสัญญาณมีสีเทาเข้มจนถึงดำ แต่ถ้าสัญญาณมีสีเทาจนถึงขาวแสดงว่ามีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกสูง ผลจากการสำรวจด้วยเครื่องมือ GPR พบค่าความผิดปกติที่เกิดขึ้นเป็นพาราโบลาที่มีสีดำขาวดำและสีเทาดำเทา ทำให้สามารถบอกได้ว่า ที่ใต้พื้นผิวดินมีวัตถุอยู่ (รูป 4.2.)



รูป 4.2. การสำรวจด้วย GPR แสดงผลที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน(ก)ค่าความผิดปกติรูปพาราโบลาสีดำขาวดำ และ (ข) ค่าความผิดปกติรูปพาราโบลาสีเทาดำเทา

4.3. สํารวจวัสดุที่มีความเหมือนกัน (GPR Investigation of Same Material)

การสำรวจด้วยวิธี GPR ในพื้นที่ที่มีความเหมือนกันของวัสดุโดยมีสภาพพื้นที่ทั่วไปเป็นดินเหนียวปนทราย การตกสะสมตัวหรือการทับถมกันในคนละช่วงของเวลาจะทำให้มีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกต่างกันไม่มากนัก เนื่องจากเป็นวัสดุเดียวกัน ผลที่เกิดขึ้นคือเห็นเป็นแนวสัญญาณในบริเวณที่เกิดการตกสะสมตัวหรือการทับถมกันและพบว่าสีของสัญญาณค่าความผิดปกติค่อนข้างใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถบอกได้ว่าน่าจะเกิดจากการตกสะสมตัวหรือการทับถมกันของดินที่เกิดจากช่วงเวลาที่แตกต่างกัน (รูป 4.3.)

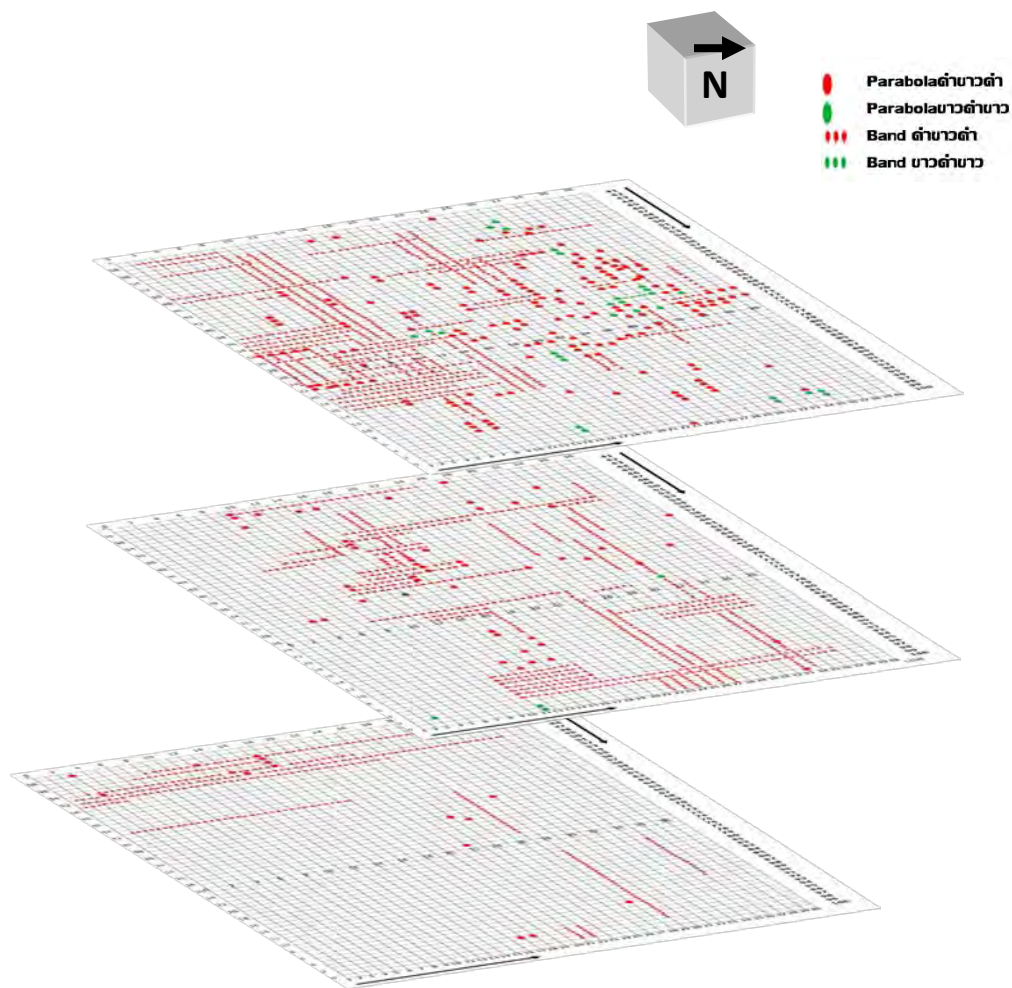


รูป 4.3. การสำรวจด้วยวิธี GPR แสดงข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่ที่มีความเหมือนกันของวัสดุ (ดินที่เกิดจากการทับถมในช่วงเวลาที่ต่างกัน)

4.4. การกระจายตัวของโบราณวัตถุ (Distribution of Archaeological Objects)

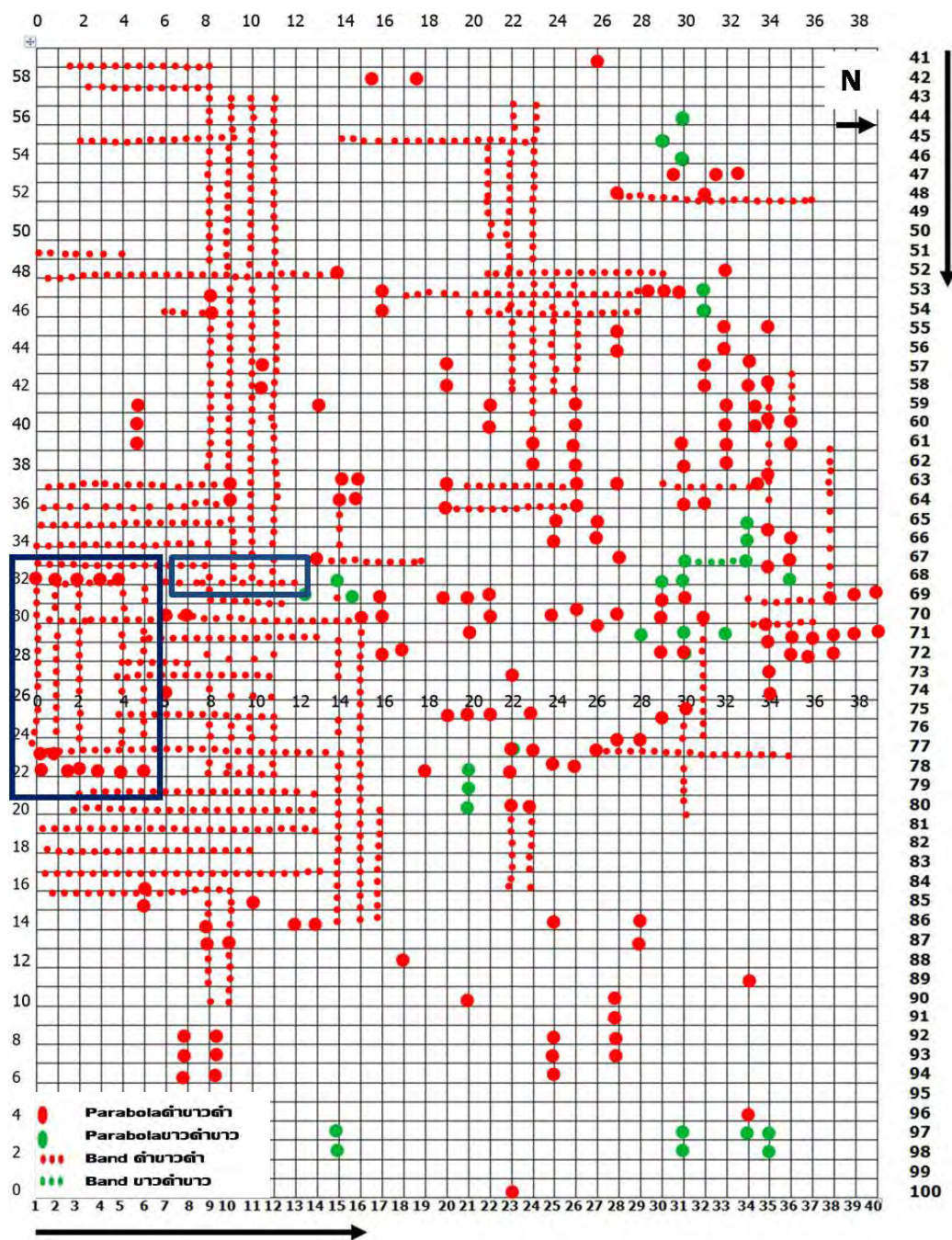
จากการเปรียบเทียบความละเอียดและความเหมาะสมของความลึกในการสำรวจแหล่งโบราณคดี จึงได้ตัดสินใจใช้สายอากาศความถี่ 900 MHz ในการสำรวจการกระจายตัวของโบราณวัตถุ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจถึงผลการแปลข้อมูลจึงได้แสดงตัวอย่างของค่าความผิดปกติบางแนวการสำรวจและได้แปลข้อมูลเป็นช่วงของความลึกทั้งหมด 3 ช่วง โดยจุดที่มีขนาดใหญ่สีแดงแสดงค่าความผิดปกติแบบพาราโบลาสีดำขาวดำ ตัวอย่างวัตถุที่แสดงพาราโบลาสีดำขาวดำ เช่น ดินเหนียวปนทรายจะมีสัญญาณสีดำส้มผัดด้านบนของศิลาแลงที่มีสัญญาณสีขาวและที่ด้านล่างของศิลาแลง

สัมพันธ์กับดินเหนียวปนทราย จุดที่มีขนาดใหญ่สีเขียวแสดงค่าความผิดปกติแบบพาราโบลาสีขาวดำขาว ตัวอย่างวัตถุที่แสดงพาราโบลาสีขาวดำขาว เช่น หน้าตัดของเหล็กหรือท่อพีวีซีที่มีโพรง โดยเหล็กหรือท่อพีวีซีจะมีสัญญาณสีขาวและส่วนที่เป็นอากาศจะมีสัญญาณสีดำ เส้นประสีแดงแสดงค่าความผิดปกติแบบแนวที่มีความต่อเนื่องกันสีดำขาวดำ ตัวอย่างวัตถุที่แสดงแนวต่อเนื่องสีดำขาวดำ เช่น แนวทางเดินของศิลาแลงและเส้นประสีเขียวแสดงค่าความผิดปกติแบบแนวที่มีความต่อเนื่องกันสีขาวดำขาว ตัวอย่างวัตถุที่แสดงแนวต่อเนื่องสีขาวดำขาว เช่น ด้านยาวของเหล็กหรือท่อพีวีซี (รูป 4.4.)



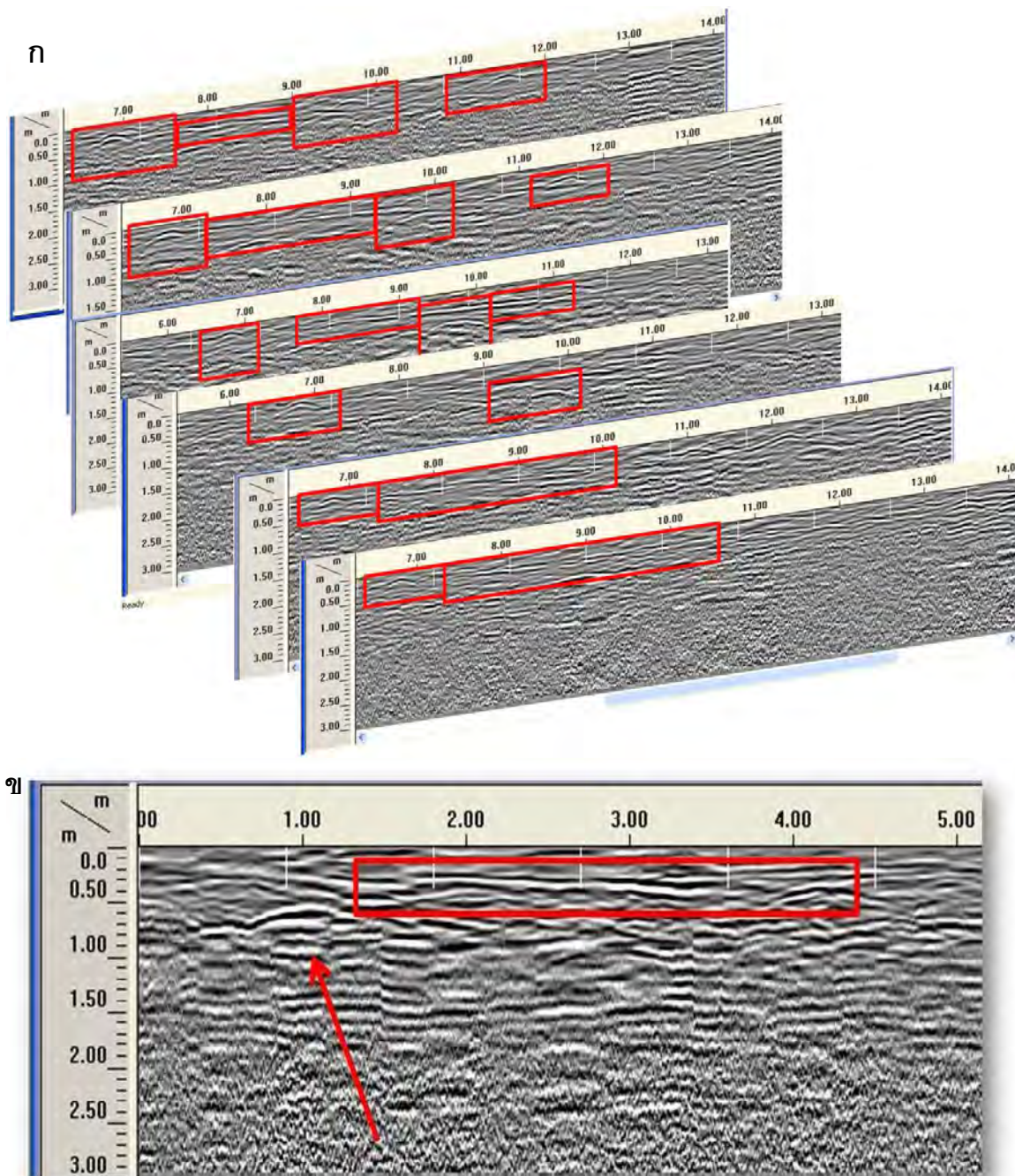
รูป 4.4. ค่าความผิดปกติที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดงผลการแปลข้อมูล 3 ช่วงความถี่

- ที่ความลึก 0-0.49 m. (รูป 4.5.)



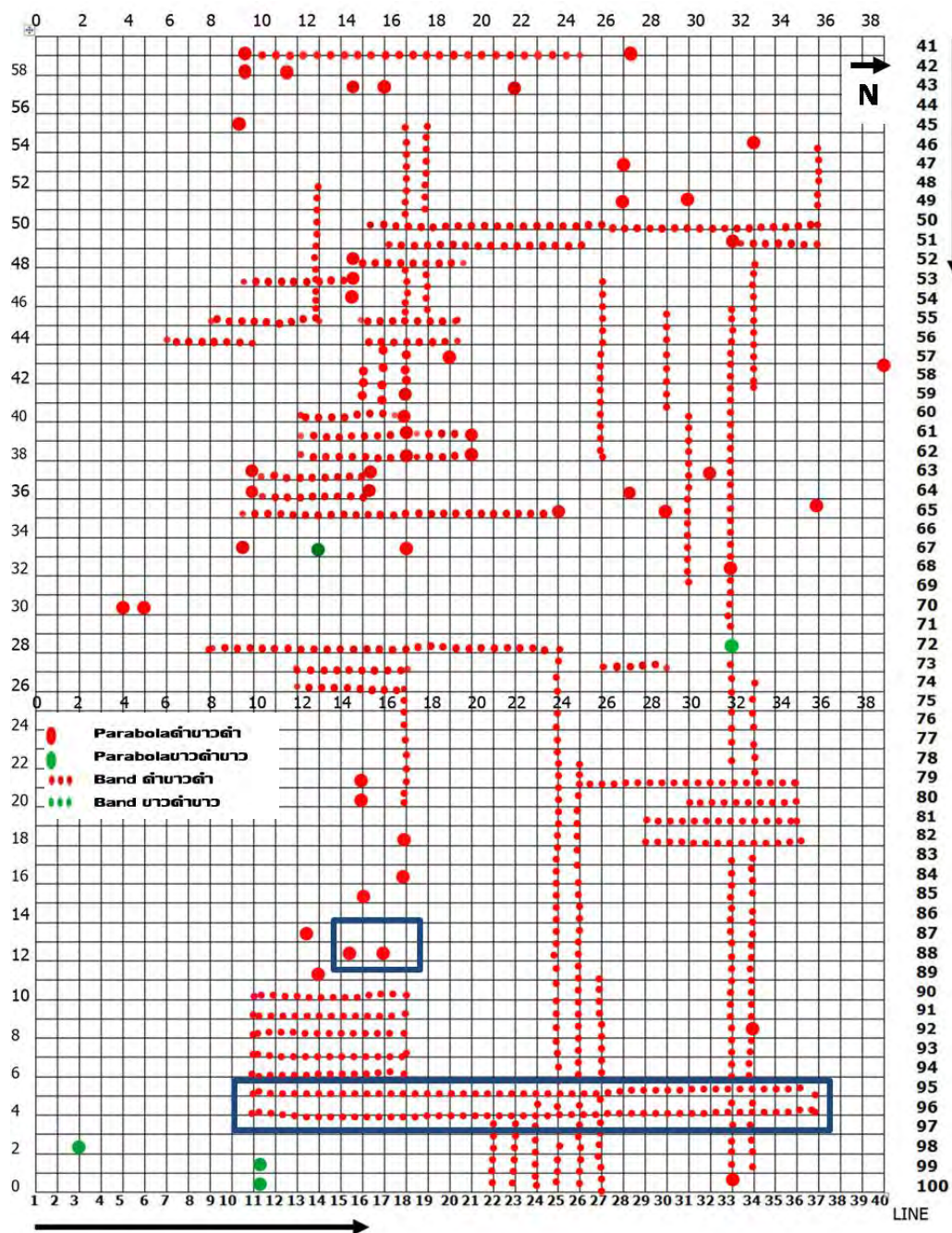
รูป 4.5. ค่าความผิดปกติที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดงผลการแปลข้อมูลในช่วงความลึก 0-0.49 m.

ตัวอย่างผลการสำรวจ line 1-6 และ line 68 (รูป 4.6.) จะสังเกตเห็นความต่อเนื่องของค่าความผิดปกติทั้งแบบพาราโบลาและแบบแนวต่อเนื่องกันที่ระดับความลึก (แกน Y) และระยะทาง (แกน X)



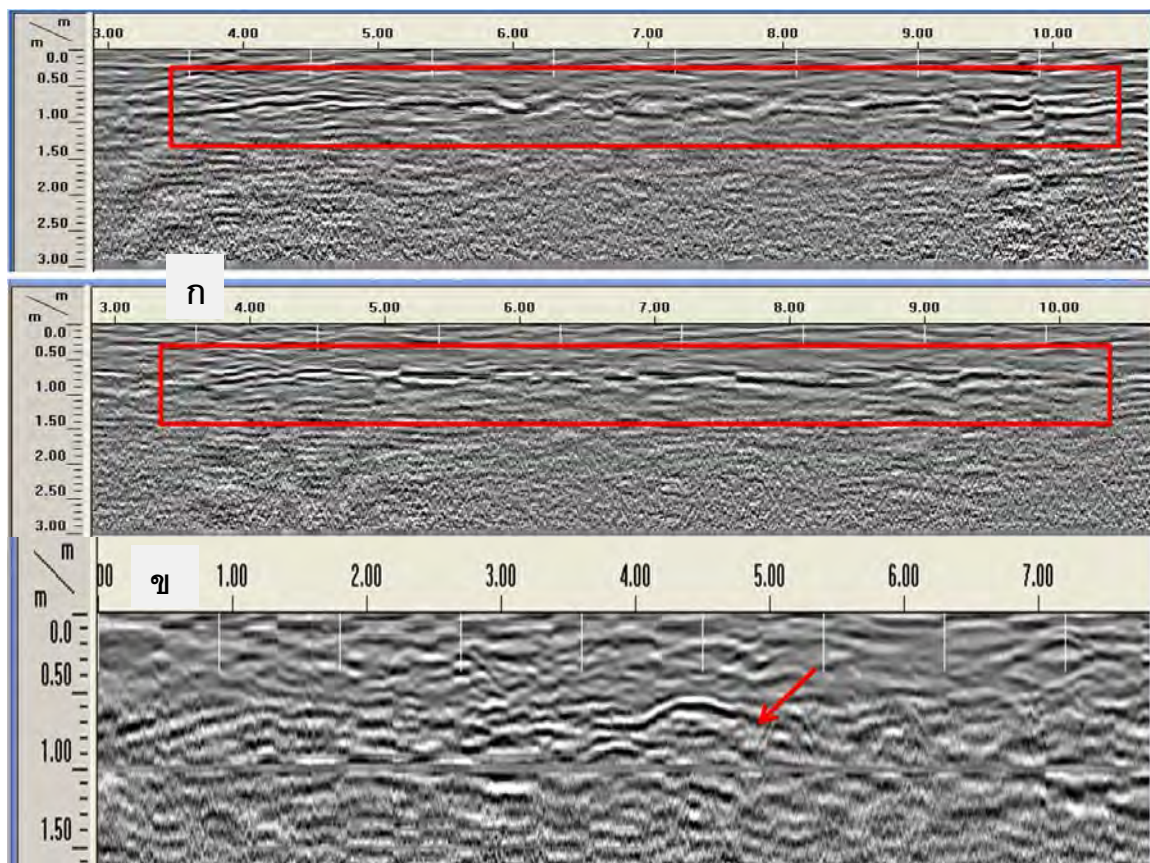
รูป 4.6. ค่าความผิดปกติจากการสำรวจด้วยวิธี GPR (ก)ผลการสำรวจ line 1-6 และ (ข)ผลการสำรวจ line 68

- ที่ความลึก 0.5-0.89 m. (รูป 4.7.)



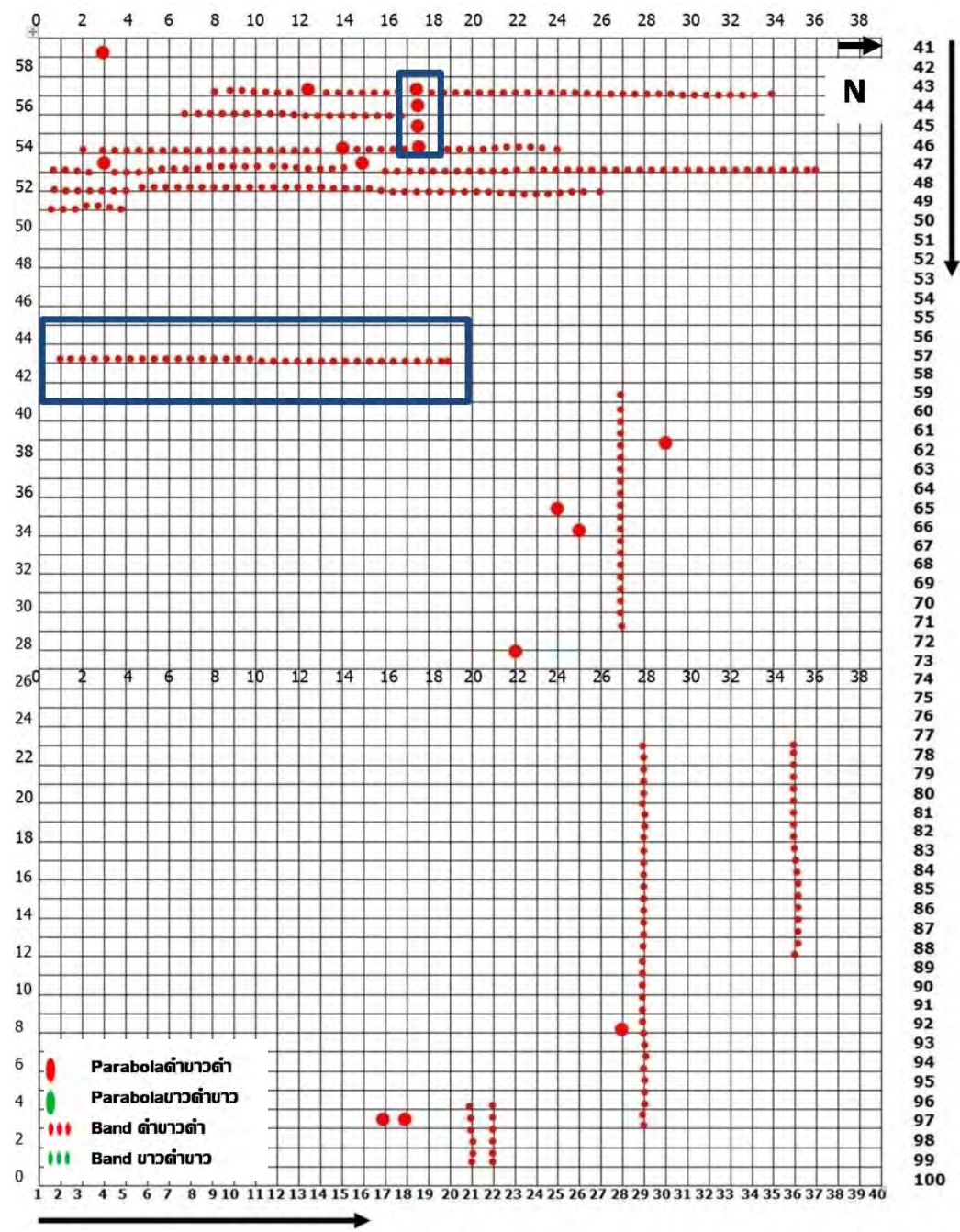
รูป 4.7. ค่าความผิดปกติที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดงผลการแปลข้อมูลในช่วงความลึก 0.5-0.89 m.

ตัวอย่างผลการสำรวจ line 95-96 และ line 88 (รูป 4.8.) จะสังเกตเห็นความต่อเนื่องของค่าความผิดปกติทั้งแบบพาราโบลาและแบบแนวต่อเนื่องกันที่ระดับความลึก (แกน Y) และระยะทาง (แกน X)



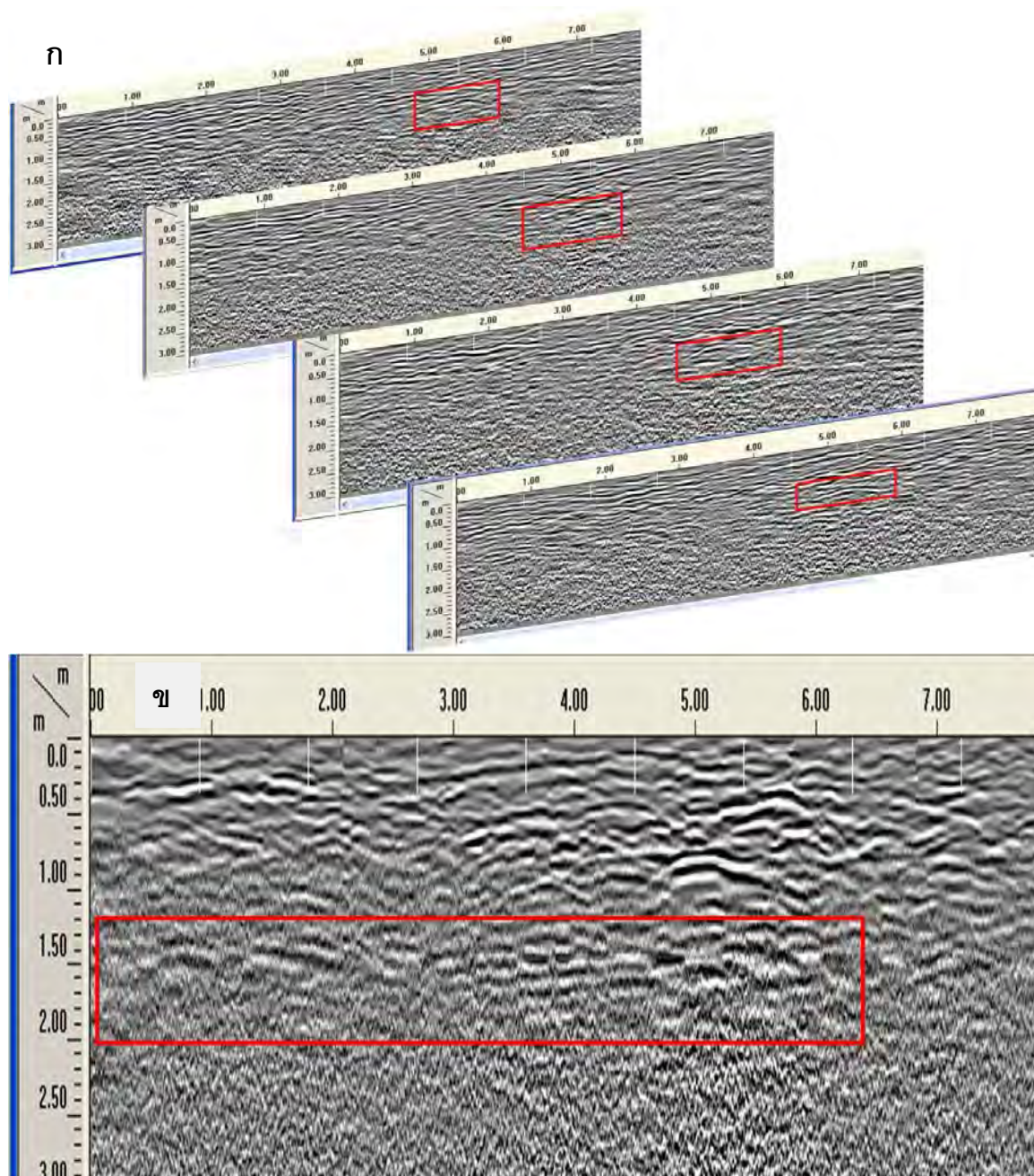
รูป 4.8. ค่าความผิดปกติจากการสำรวจด้วยวิธี GPR (ก)ผลการสำรวจ line 95-96 และ (ข)ผลการสำรวจ line 88

- ที่ความลึก 0.9-3 m. (รูป 4.9.)



รูป 4.9. ค่าความผิดปกติที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธี GPR แสดงผลการแปลข้อมูลในช่วงความลึก 0.9-3 m.

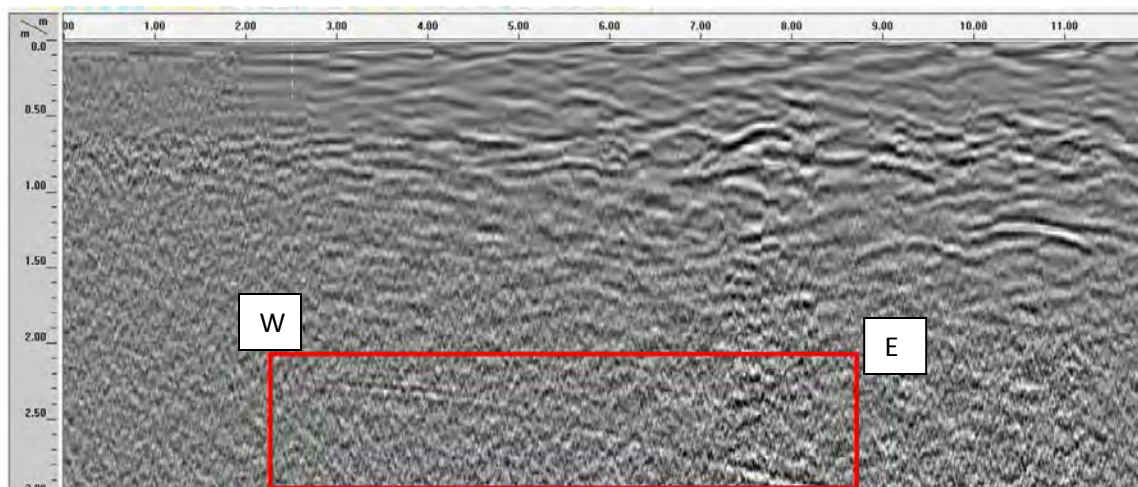
ตัวอย่างผลการสำรวจ line 43-46 และ line 57 (รูป 4.10.) จะสังเกตเห็นความต่อเนื่องของค่าความผิดปกติทั้งแบบพาราโบลาและแบบแนวตื้นที่ระดับความลึก (แกน Y) และระยะทาง (แกน X)



รูป 4.10. ค่าความผิดปกติจากการสำรวจด้วยวิธี GPR (ก) ผลการสำรวจ line 43-46 และ (ข) ผลการสำรวจ line 57

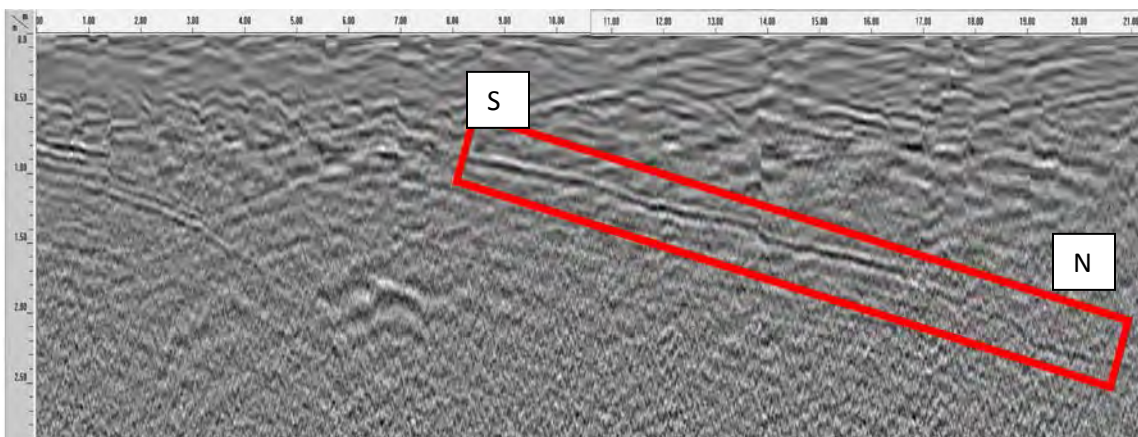
จากการสันนิษฐานโดยใช้รูปแบบโครงสร้างโบราณสถานของปราสาทหินเมืองต่ำถึงบริเวณที่
คาดว่าจะเป็นบาราย

ผลการศึกษาแนวทางสำรวจทางทิศตะวันตกทิศตะวันออก (รูป 4.11.)



รูป 4.11. ค่าความผิดปกติจากการสำรวจด้วยวิธี GPR ทางทิศตะวันตกทิศตะวันออก

ผลการศึกษาแนวทางสำรวจทางทิศเหนือทิศใต้ (รูป 4.12.)



รูป 4.12. ค่าความผิดปกติจากการสำรวจด้วยวิธี GPR ทางทิศเหนือทิศใต้

บทที่ 5

อภิปราย สรุปและข้อเสนอแนะ (Discussion, Conclusion and Recommendation)

5.1. อภิปราย (Discussion)

จากการสำรวจแหล่งโบราณคดีปราสาททองด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์โดยใช้เครื่องมือ GPR ที่มีความถี่ของสายอากาศแตกต่างกัน พบว่า

ความถี่ 200 MHz เป็นสายอากาศที่เหมาะสมสำหรับการสำรวจโครงสร้างขนาดใหญ่และมีความลึกค่อนข้างมาก ซึ่งจากการทดสอบในการศึกษาครั้งนี้พบว่าสามารถสำรวจได้ลึกถึง 10 เมตร แต่ความคมชัดของสายอากาศนี้จะอยู่ที่ประมาณ 5 เมตร และหากยิ่งลึกลงไปจะเกิดการลดทอนสัญญาณของ EM wave ทำให้สัญญาณมีความเบาบาง และหากมีวัตถุขนาดใหญ่ที่สามารถดูดซับสัญญาณของ EM wave ไว้อยู่ในระดับตื้น ที่ระดับลึกลงไปจะไม่สามารถตรวจพบโครงสร้างหรือวัตถุได้ สายอากาศนี้จึงเหมาะสำหรับงาน ด้านธรณีวิทยา สิ่งแวดล้อมและ วิศวกรรม หากจะนำมาใช้กับงานด้านโบราณคดีนั้น สามารถทำได้ แต่การค้นพบจะประสบความสำเร็จได้น้อยในแหล่งโบราณสถานนี้ เนื่องจากโบราณวัตถุอาจมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก และสภาพโบราณวัตถุที่ไม่สมบูรณ์ เช่น แตกเป็นชิ้นๆ

ความถี่ 400 MHz และความถี่ 900 MHz เป็นสายอากาศที่ใช้มากในงานด้านโบราณคดี เมื่อนำมาสำรวจในภาคสนามพบว่า ความถี่ 900 MHz จะให้ความละเอียดและรายละเอียดของข้อมูลมากกว่าความถี่ 400 MHz จึงได้ใช้ความถี่ 900 MHz ศึกษาการกระจายตัวของโบราณวัตถุในบางพื้นที่ของแหล่งโบราณสถานปราสาททอง พบว่ามีวัตถุกระจายตัวอยู่มากในช่วงความลึก 0-0.49 เมตร ทำให้สัญญาณของ EM wave เกิดการลดทอน ข้อมูลที่ได้จึงมีความชัดเจนในช่วง 0-2 เมตร (รูป 5.1.) และจากการศึกษาโดยอาศัยปราสาทเมืองต่ำเป็นรูปแบบในการวางแผนเส้นทางสำรวจของปราสาททองผลของการสำรวจทำให้สามารถสันนิษฐานลักษณะของปราสาทได้ จะเห็นว่ามีส่วนที่น่าจะเป็นทางดำเนิน (รูป 5.1.(ค)-(2)) ซึ่งจะเห็นว่ามีส่วนที่คล้ายจะเป็นแนวมุ่งออกจากตัวปราสาทในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับซุ้มประตูของปราสาท ส่วนที่น่าจะเป็นบันไดทางลงไปสู่สระน้ำพบทั้งด้านทิศใต้และทิศเหนือ โดยในส่วนทางด้านทิศใต้จะเห็นได้ค่อนข้างชัดเจนมากกว่าทางด้านทิศเหนือ (รูป 5.1.(ค)-(1); รูป 5.1.(ค)-(3)) ช่วงความลึก 0.5-0.89 เมตร จะเห็นว่ามีส่วนที่น่าจะเป็นทางดำเนิน (รูป 5.1.(ง)-(2)) ส่วนที่น่าจะเป็นบันไดทางลงไปสู่สระน้ำพบทั้งด้านทิศใต้และทิศเหนือ โดยความชัดเจนของ

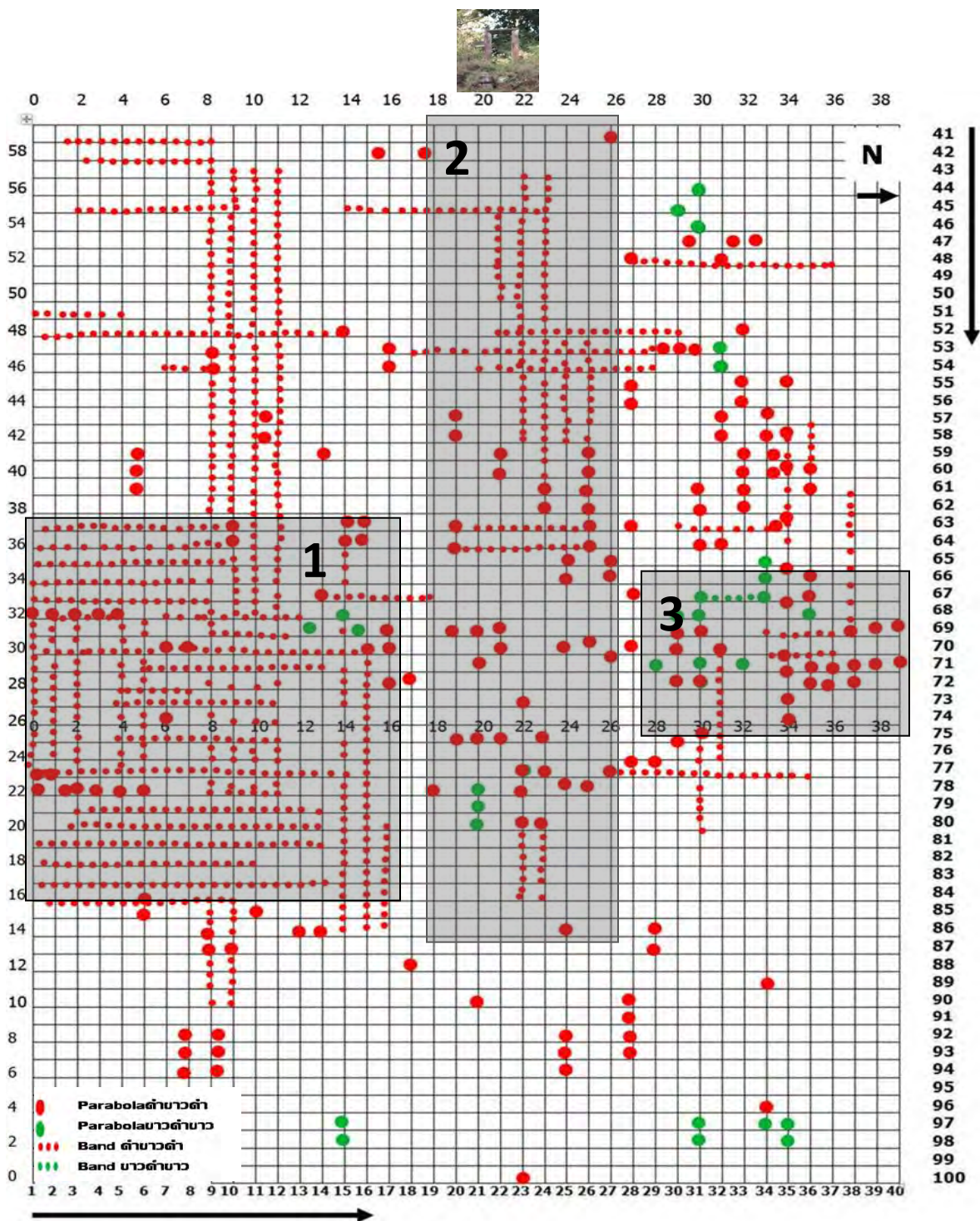
ข้อมูลเริ่มลดลง(รูป 5.1.(ง)-(1):รูป 5.1.(ง)-(3) และช่วงความลึก 0.9-3 เมตร พบค่าสัญญาณความผิดปกติเป็นแนวต่อเนื่องกันในทิศใต้ทิศเหนือทราบว่าเป็นร่องขุดสำรวจของกรมศิลปากร (รูป 5.1.(จ))



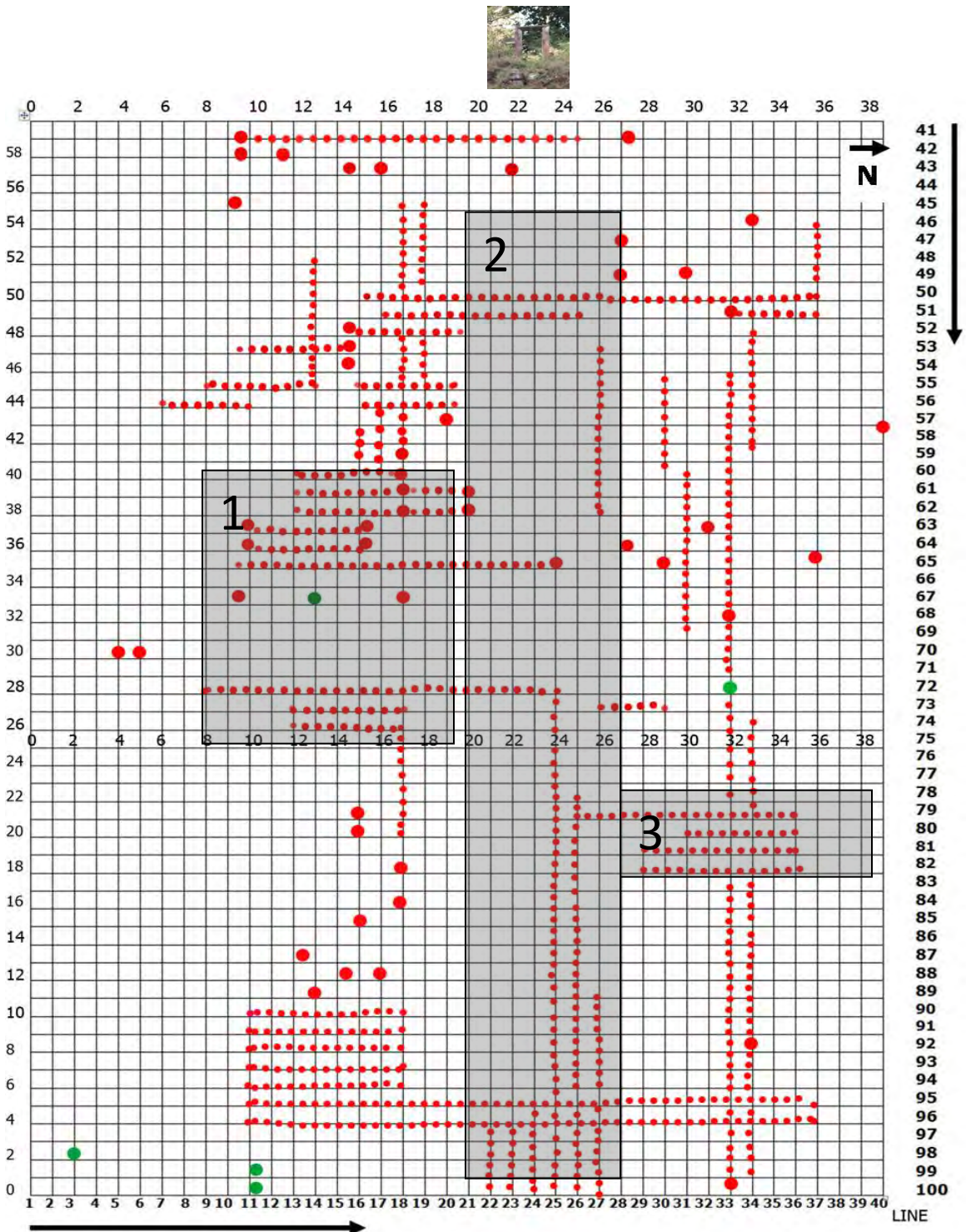
(ก) ภาพถ่ายปราสาทเมืองต่ำ



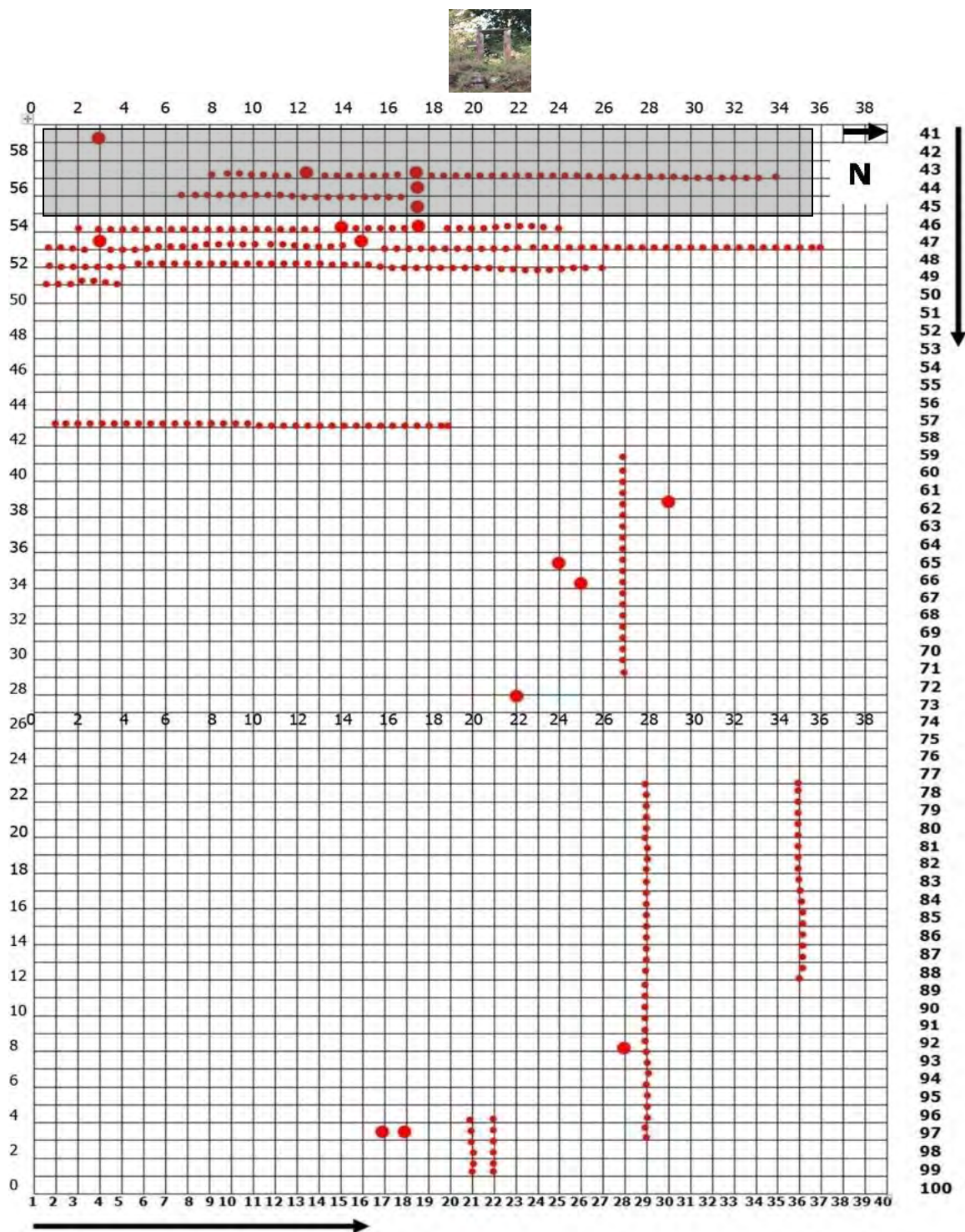
(ข) สภาพทั่วไปของด้านหน้าปราสาททอง



(ค) ค่าความผิดปกติจากการสำรวจ GPR ในช่วงความลึก 0-0.49 เมตร เทียบกับตำแหน่งปราสาททอง(1)ด้านทิศใต้ของปราสาททองส่วนของบันได; (2)ด้านหน้าของปราสาททองส่วนของทางดำเนินและ(3) ด้านทิศเหนือของปราสาททองส่วนของบันได



(ง) ค่าความผิดปกติจากการสำรวจ GPR ในช่วงความลึก 0.5-0.89 เมตร เทียบกับตำแหน่งปราสาททอง(1)ด้านทิศใต้ของปราสาททองส่วนของบันได; (2)ด้านหน้าของปราสาททองส่วนของทางดำเนินและ(3) ด้านทิศเหนือของปราสาททองส่วนของบันได



(จ) ค่าความผิดปกติจากการสำรวจ GPR ในช่วงความลึก 0.9-3 เมตร เทียบกับตำแหน่งปราสาท
 ท้องแสดงผลด้านหน้าของปราสาททองส่วนที่มีการขุดร่องสำรวจ

รูป 5.1. ผลการสำรวจการกระจายตัวของวัตถุในแหล่งปราสาททอง

จากการแปลผลจากภาพถ่ายทางอากาศพบว่าปราสาทเมืองต่ำมีส่วนที่เป็นบาราย(รูป 5.2.(ก)) แต่หลักฐานที่บ่งบอกว่าปราสาททองมีบารายนั้นไม่มีเหลือให้เห็นแล้วเนื่องจากการปรับเปลี่ยนพื้นที่เป็นที่พักอาศัยและถนนแต่พบบริเวณพื้นที่ที่น่าสนใจเนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีค่าความชื้นของน้ำมากกว่าบริเวณใกล้เคียง(รูป 3.4.) จึงได้ทำการสำรวจพบว่ามีแนวการตกสะสมตัวหรือแนวทับถมของดินจึงสันนิษฐานว่าเป็นขอบของบาราย (รูป 5.2.(ข))



(ก) ภาพถ่ายทางอากาศแสดงปราสาทเมืองต่ำและบาราย



(ข) ภาพถ่ายทางอากาศแสดงปราสาทของบริเวณขอบของบาราย (เส้นที่บีสี่แดง)และแนวการสำรวจ (เส้นที่บีสี่เหลือง)

รูป 5.2. ภาพถ่ายทางอากาศของปราสาทเมืองต่ำและปราสาททอง

ความถี่ 1600 MHz เป็นสายอากาศที่มีความถี่ของ EM wave ที่สูง และมีแอมพลิจูดจึงส่งผลให้ข้อมูลที่ได้มีความละเอียดมากและความลึกในการสำรวจไม่มากนัก โดยจะอยู่ที่ประมาณ 40 เซนติเมตร ดังนั้นสายอากาศนี้จึงเหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียดของข้อมูลสูงได้แก่ การตรวจสอบถนนคอนกรีต เช่น หาโพรงหรือตรวจสอบเหล็กของถนนว่ามีคุณสมบัติถูกต้องตามที่ระบุหรือไม่หรือการตรวจสอบโครงสร้างของอาคาร เช่น เสา คาน พื้น เป็นต้น ดังนั้นสายอากาศความถี่นี้จึงไม่เหมาะกับโบราณสถานปราสาททอง

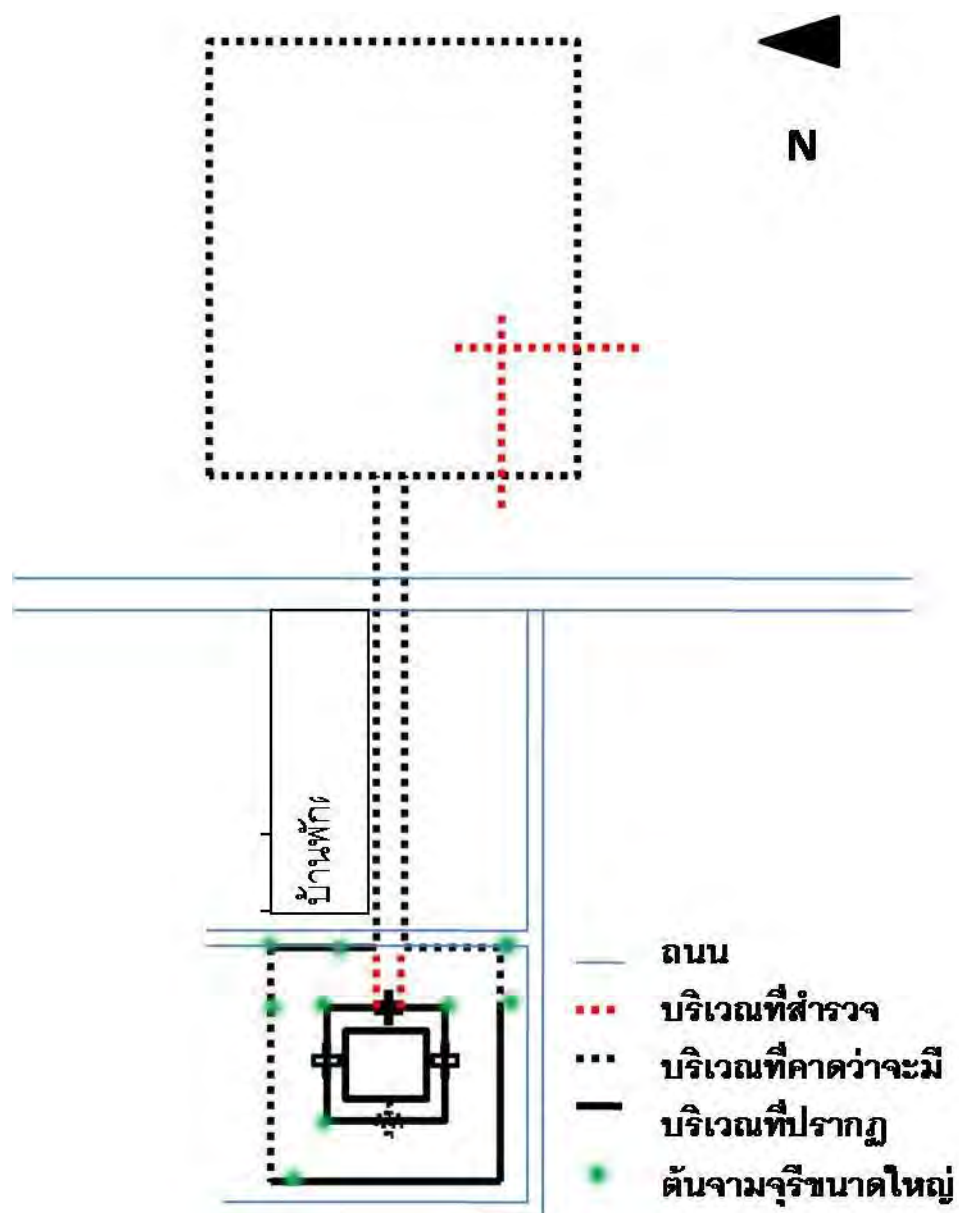
5.2. สรุปผล (Conclusion)

สายอากาศความถี่ 200 MHz และ 1600 MHz ไม่เหมาะกับงานสำรวจแหล่งโบราณคดีปราสาททองเนื่องจากความสามารถในการตรวจสอบวัตถุของสายอากาศความถี่ 200 MHz นั้นเหมาะกับวัตถุที่มีขนาดใหญ่และความลึกที่สำรวจได้มีมากเกินไปจนความจำเป็น ส่วนสายอากาศความถี่ 1600 MHz นั้นความสามารถในการตรวจสอบวัตถุมีความละเอียดมากเกินไปและความลึกในการสำรวจอยู่ในระดับที่ตื้นมากจึงยากแก่การพบวัตถุ

สายอากาศความถี่ 400 MHz เหมาะสำหรับงานสำรวจหาโครงสร้างทางโบราณคดีเนื่องจากมีความสามารถในการตรวจสอบวัตถุและระดับความลึกของการสำรวจในระดับที่เหมาะสมกับงานสำรวจด้านโบราณคดี

สายอากาศความถี่ 900 MHz เหมาะสำหรับงานสำรวจหาโบราณวัตถุแต่ไม่เหมาะสำหรับงานโครงสร้างทางโบราณคดีเนื่องจากความสามารถในการตรวจสอบวัตถุมีความละเอียดมากเกินไปเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาประมวลผลเป็น 3 มิติ จะทำให้แปลผลข้อมูลที่เป็นลักษณะโครงสร้างได้ยาก

จากการใช้สายอากาศความถี่ 900 MHz สำรวจโบราณสถานปราสาททองพุกการกระจายตัวของค่าความผิดปกติทั้งแบบแนวต่อเนื่องและพาราโบลาสามารถสรุปแผนผังรูปแบบของปราสาทได้ (รูป 5.3.)



รูป 5.3. แผนผังปราสาท

5.3. ข้อเสนอแนะ (Recommendation)

1. หากต้องการแปลผลข้อมูลเป็น 3 มิติไม่ควรใช้สายอากาศที่มีความละเอียดของข้อมูลมากเกินไปเนื่องจากความละเอียดที่มากเกินไปจะทำให้แปลผลได้ยากและจะต้องวางแผนการสำรวจให้แม่นยำ เพื่อป้องกันการเลื่อนของข้อมูล

2. ควรใช้วิธีการสำรวจโดยใช้ล้อเก็บข้อมูลซึ่งจะทำให้ได้ระยะทางที่แท้จริงจากการสำรวจและข้อมูลที่ได้จะมีความถูกต้องมากกว่าการสำรวจแบบเก็บข้อมูลตลอดเวลา เนื่องจากการใช้วิธีเก็บข้อมูลตลอดเวลาเก็บข้อมูลนั้นเครื่อง GPR จะทำการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องไม่ว่าจะสะดุดหรือหยุดข้อมูลที่ได้จริงเกิดการซ้ำกันต่างจากวิธีสำรวจโดยใช้ล้อที่จะเก็บข้อมูลเมื่อล้อหมุนเท่านั้น
3. แหล่งโบราณคดีปราสาททองอยู่ในความดูแลของกรมศิลปากรจึงไม่สามารถทำการขุดค้นได้ หากมีการศึกษาด้านการขุดค้นต่อสามารถนำงานวิจัยนี้ประกอบการตัดสินใจเลือกกำหนดขอบเขตพื้นที่ขุดค้นได้ซึ่งอาจนำไปสู่การค้นพบส่วนที่หายไปของโบราณสถานและนอกจากนี้อาจมีการพัฒนาให้ปราสาททองเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของอำเภอบ้านกรวดได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- อิสรวรรณ อยู่ป้อม.2553.การศึกษาเตาถลุงเหล็กสมัยโบราณที่บ้านเขาดินใต้ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์.หลักสูตรปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโบราณคดีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ ภาควิชาโบราณคดี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- Annan, P. Electromagnetic principles of ground penetrating radar. HARRY M. JOL ., Ground Penetration Radar Theory and Applicatons ,4-40. Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK: Elsevier Science, 2009.
- Arcone, A.S. Glaciers and ice sheets. HARRY M. JOL ., Ground Penetration Radar Theory and Applicatons ,361-395. Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK: Elsevier Science, 2009.
- Bridge, J. Advances in fluvial sedimentology using GPR. HARRY M. JOL ., Ground Penetration Radar Theory and Applicatons ,323-360. Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK: Elsevier Science, 2009.
- Chianesea, D., Emilio, M., Salvia, S., Lapenna, L., Ragosta, M., Rizzo, E. Magnetic mapping, ground penetrating radar surveys and magnetic susceptibility measurements for the study of the archaeological site of Serra di Vaglio (southern Italy). Journal of Archaeological Science 31 (2004):633–643.
- Daniels, D. J. Ground-penetrating radar. 2nd Edition. (1996). IET Radar, Sonar, Navigation and Avionics Series 15. Michael Faraday House, Six Hills Way, Stevenage, Herts, SG1 2AY, UK : The Institution of Engineering and Technogy, 2007.
- Domenico, D.,Giannino, F., Leucci, G., Bottari, C. Integrated geophysical surveys at the archaeological site of Tindari (Sicily, Italy). Journal of Archaeological Science 33 (2006): 961-970.

- Goodman, D., Piro, S., Nishimura, Y., Schneider, K., Hongo, H., Higashi, N., Steinberg, J., Damiata, B. GPR archaeometry. HARRY M. JOL ., Ground Penetration Radar Theory and Applicatons ,479-508. Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK: Elsevier Science, 2009.
- Lasaponara, R., Masini, N., Rizzo, E., Coluzzi, R., Orefici, G. New discoveries in the Piramide naranjada in cahuachi (peru) using satellite,ground probing radar and magnetic investigations. Journal of Archaeological Science 30 (2011) :1-9.
- Porsani, J.L., Jangelme, G.M., Kipnis, R. GPR survey at Lapa do Santo archaeological site, Lagoa Santa karstic region,Minas Gerais state, Brazil. Journal of Archaeological Science 37 (2010): 1141-1148.
- Slater, L., Comas, X. The contribution of ground penetrating radar to water resource research. HARRY M. JOL ., Ground Penetration Radar Theory and Applicatons ,203-246. Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK: Elsevier Science, 2009.