

การประยุกต์ใช้ค่าความต้านทานไฟฟ้าในดินเพื่อ
ใช้สำรวจความเสียหายของโครงสร้างทาง
กรณีศึกษาของการวางท่อก๊าซเลียบถนนสาย นย.2011

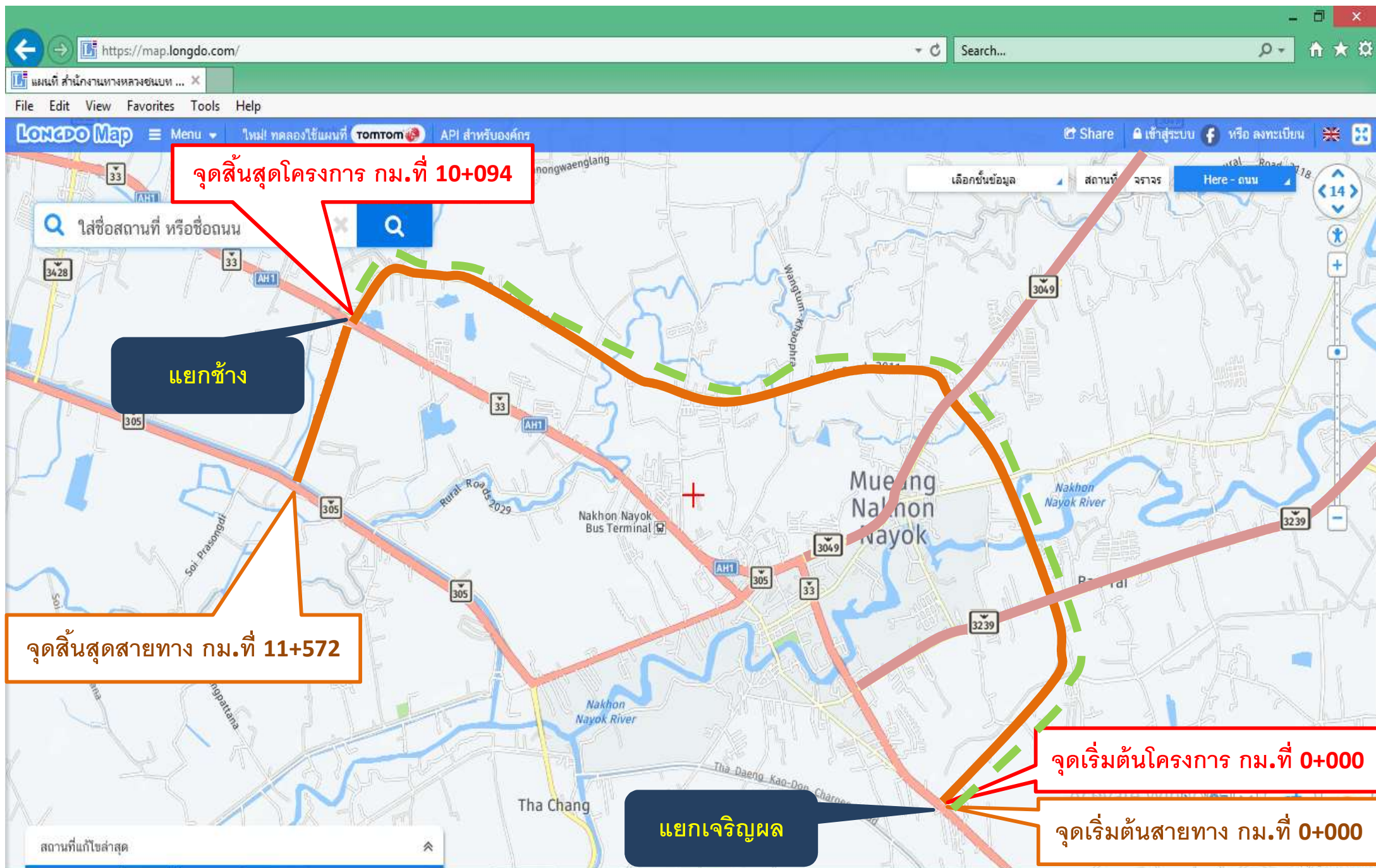
ทวีพงษ์ สุขสวัสดิ์
สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา

โครงการก่อสร้างท่อก๊าซธรรมชาติ เส้นที่ 4 (ระยอง-แก่งคอย) ตามถนนทางหลวงชนบทสาย นย.2011 (ด้านขวาทาง)

รายละเอียดการดำเนินการ ตามลำดับดังนี้

- บริษัท ปตท.(จำกัด) มหาชน เริ่มดำเนินการเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2555
- บริษัท ปตท.จำกัด(มหาชน) ดำเนินการก่อสร้างท่อก๊าซธรรมชาติในสายทาง นย.2011 แล้วเสร็จ เมื่อวันที่ 8 กันยายน 2559





วิธีการก่อสร้าง

การขุดเปิด (Open Cut)



ท่อน้ำที่ขุดจะถูกลบฝังอยู่ในหลุมซึ่งขุดลึกประมาณ 2.5 เมตร และเมื่อนำท่อน้ำที่ขุดไว้แล้ว วัดจากหลังท่อถึงผิวดิน ด้านบนจะลึกประมาณ 1.5 เมตร ใช้ในกรณีพื้นที่ปกติทั่วไปที่มีพื้นที่ในการทำงาน



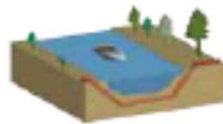
การดันท่อ (Boring)



เจาะได้ที่มีความลึกประมาณ 4-5 เมตร ยาวประมาณ 100 เมตร ใช้ในกรณีจุดตัดผ่าน เช่น ทางรถไฟ หรือถนนแคบๆ ที่มีการจราจรหนาแน่น

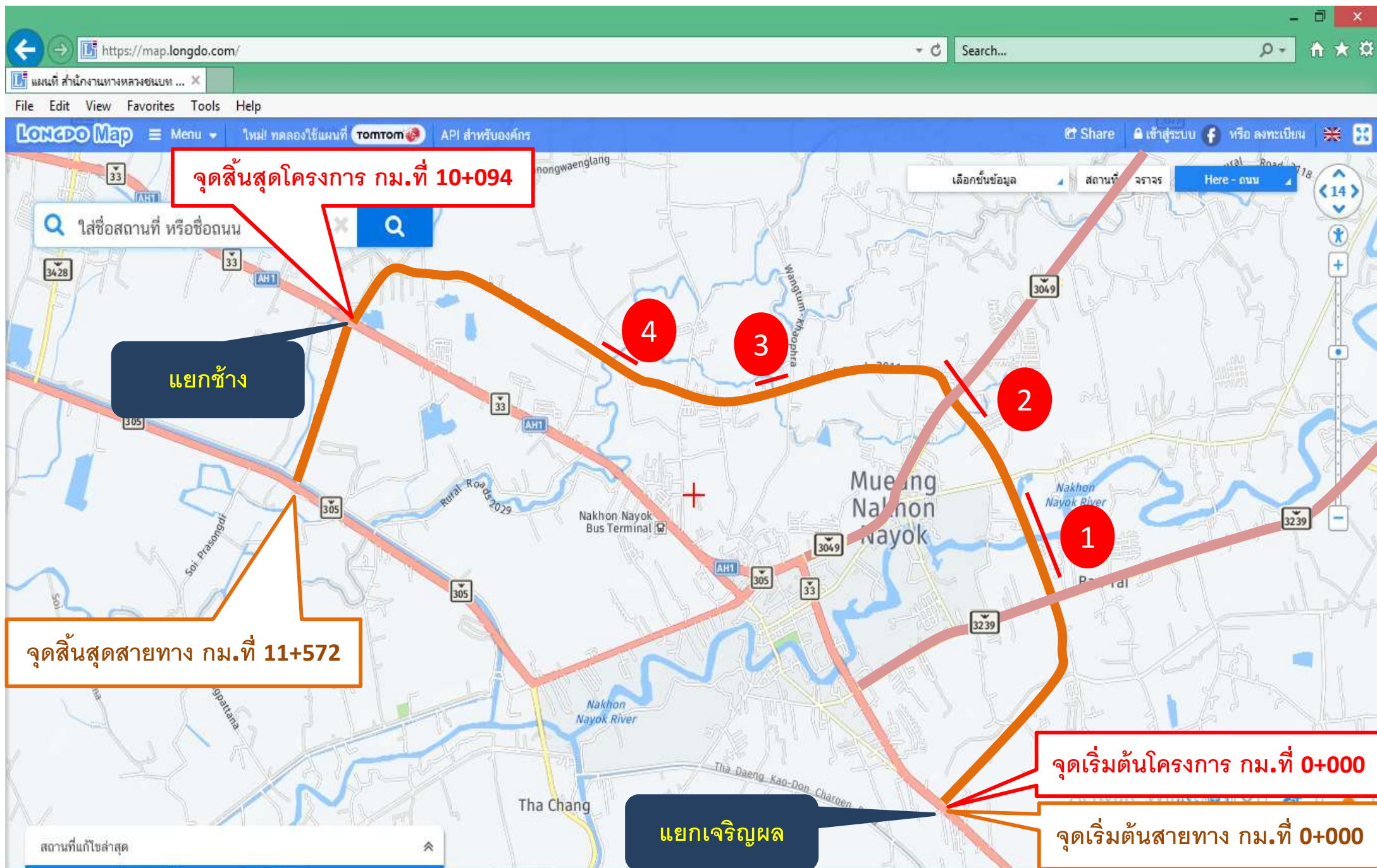


การเจาะลวด (Horizontal Directional Drill: HDD)



เจาะได้ลึกประมาณ 30 เมตร ยาวประมาณ 1 กิโลเมตร ใช้ในกรณีจุดตัดผ่านที่เป็นแม่น้ำ ลำคลอง หรือ ถนนที่มีความกว้าง และการจราจรที่หนาแน่น





- แขวงทางหลวงชนบทนครนายก ได้ตรวจรับคืนสภาพพื้นที่เมื่อวันที่ 25 มกราคม 2560 และอยู่ระหว่างการรับประกันความชำรุดบกพร่อง 2 ปี
- เมื่อรับคืนพื้นที่แล้วแขวงทางหลวงชนบทนครนายก ได้ตรวจติดตามดูแลสายทาง นย.2011 ช่วง กม.0+000 ถึง กม.10+094 อย่างใกล้ชิด เนื่องจากเป็นเส้นทางสายหลักสำหรับการขนส่งและท่องเที่ยวของจังหวัดนครนายก มีปริมาณจราจรสูง มีรถบรรทุกใช้เส้นทางจำนวนมาก
- จะเห็นได้ว่ามีความชำรุดของผิวจราจรเสียหายหนัก แขวงทางหลวงชนบทนครนายกได้ดำเนินการซ่อมแซมอย่างต่อเนื่องตลอดมา





Basic Principles of the Resistivity Method

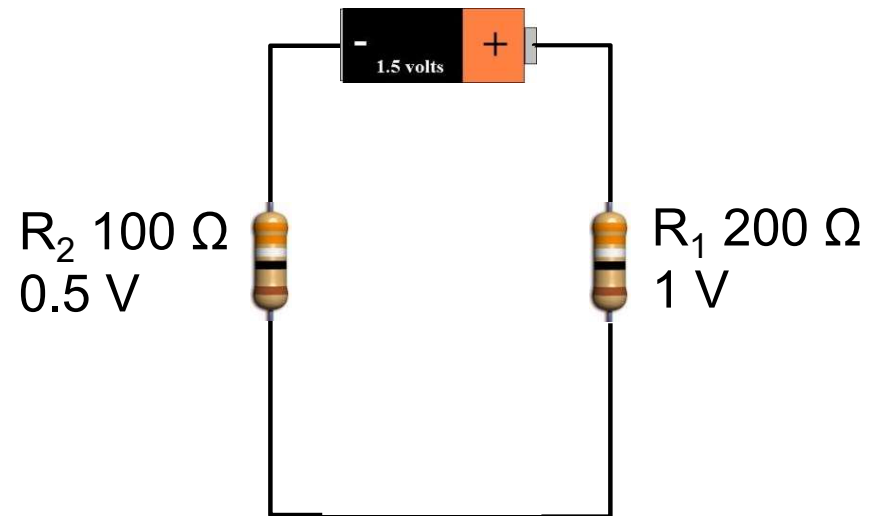
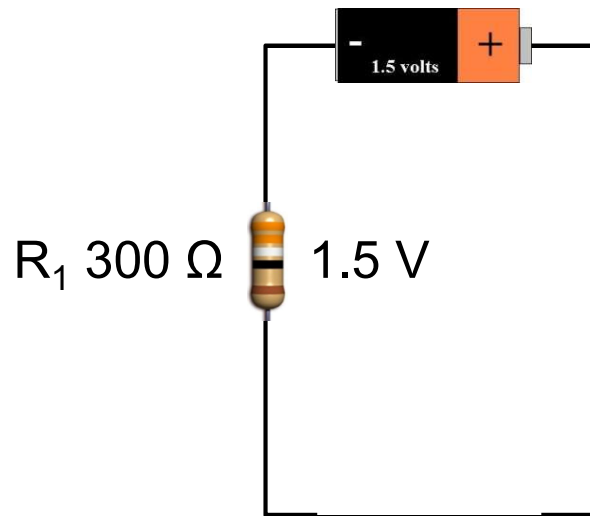


Basic Principles of the Resistivity Method

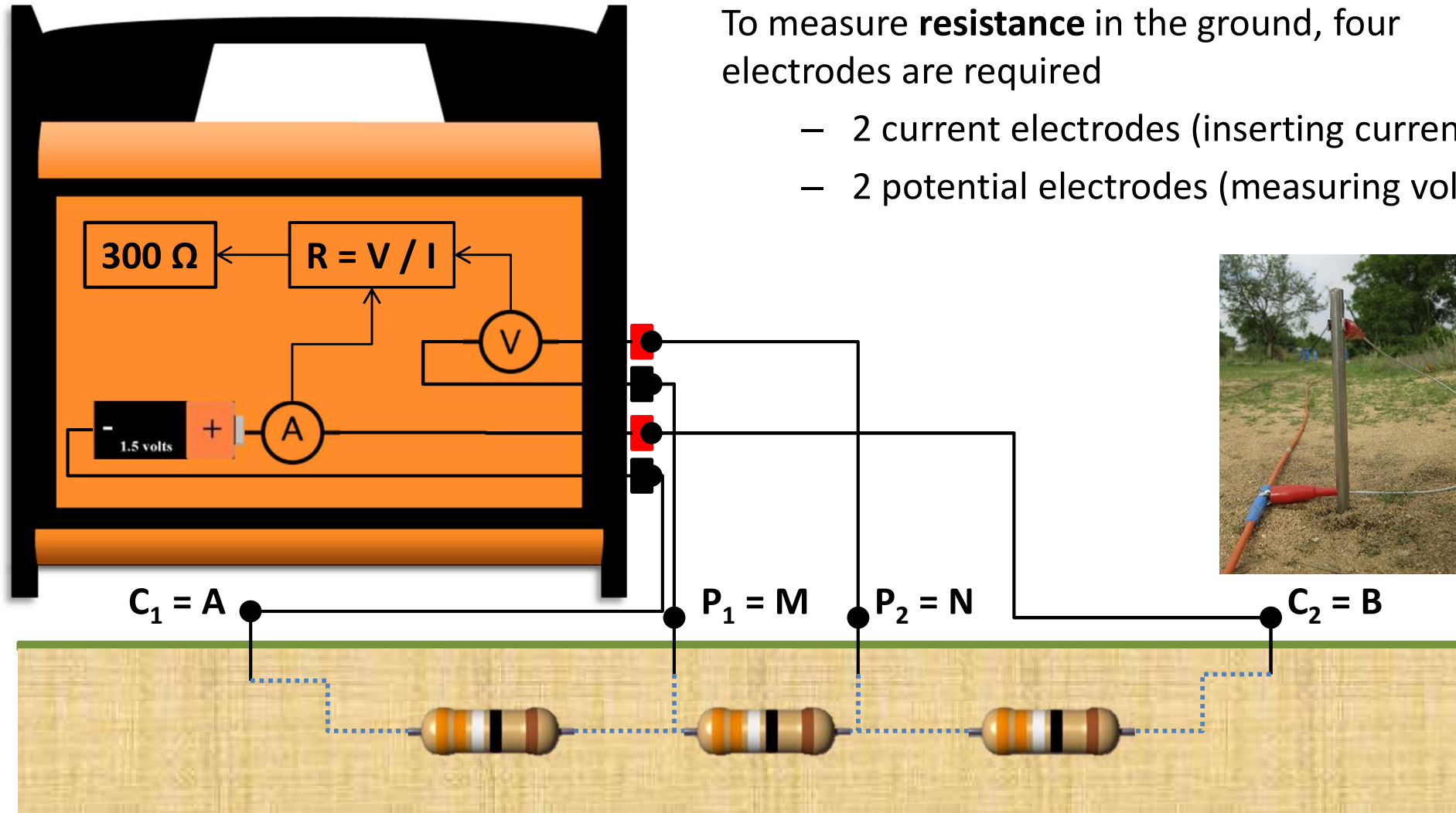
- Resistivity is an active geophysical prospection method which measures the ground's electrical properties.
- It injects current into the ground and measures the voltage between certain electrodes.
- By calculating the resistivity a ground model of the subsurface can be generated.

Basic principles

- The voltage from a power source will be divided across the objects in a circuit relative to the resistance of each object;
- The larger the share of a circuit's total resistance an object has, the higher the voltage across that object.



OHM'S LAW: Voltage (V) = Current (I) * Resistance (R)



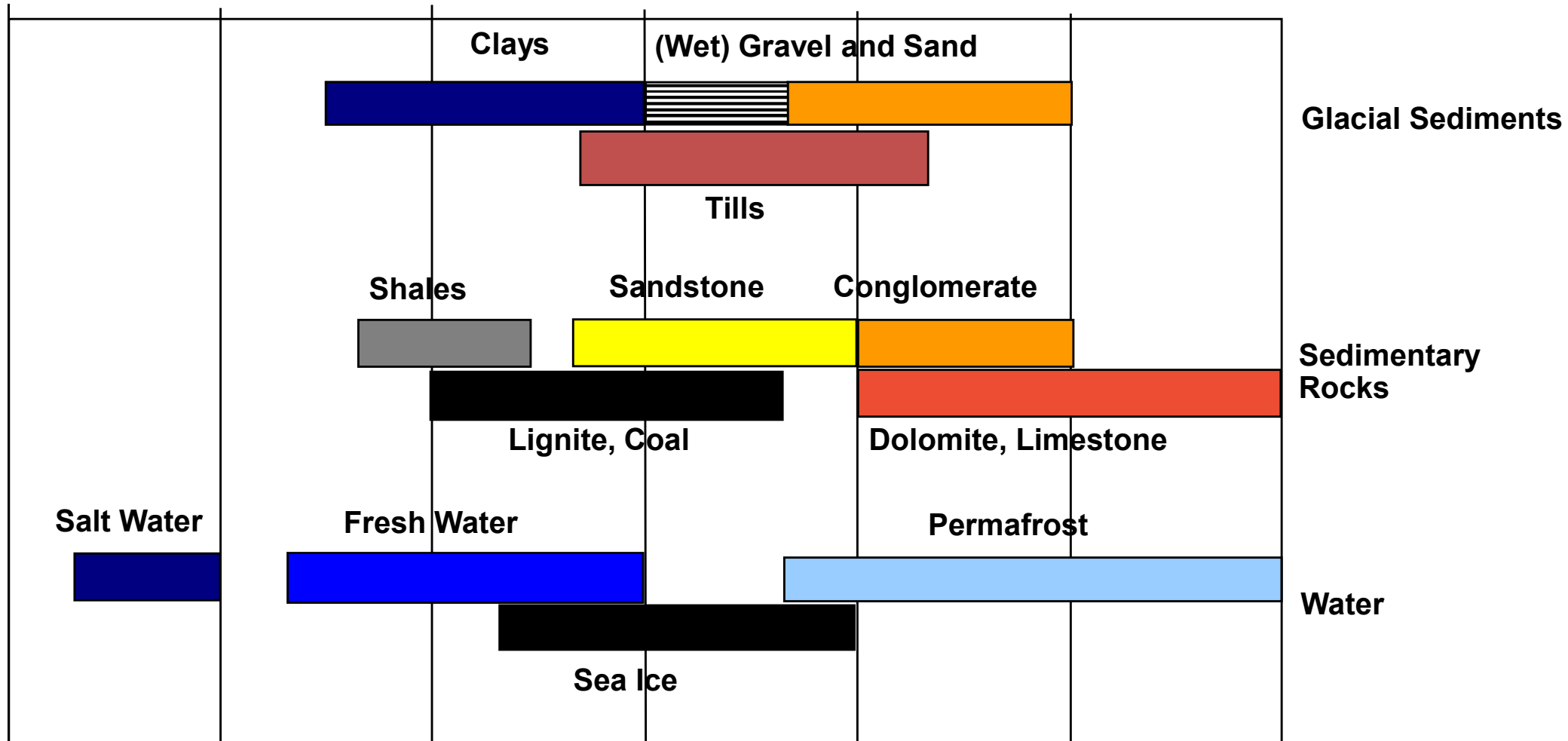
To measure **resistance** in the ground, four electrodes are required

- 2 current electrodes (inserting current)
- 2 potential electrodes (measuring voltage)



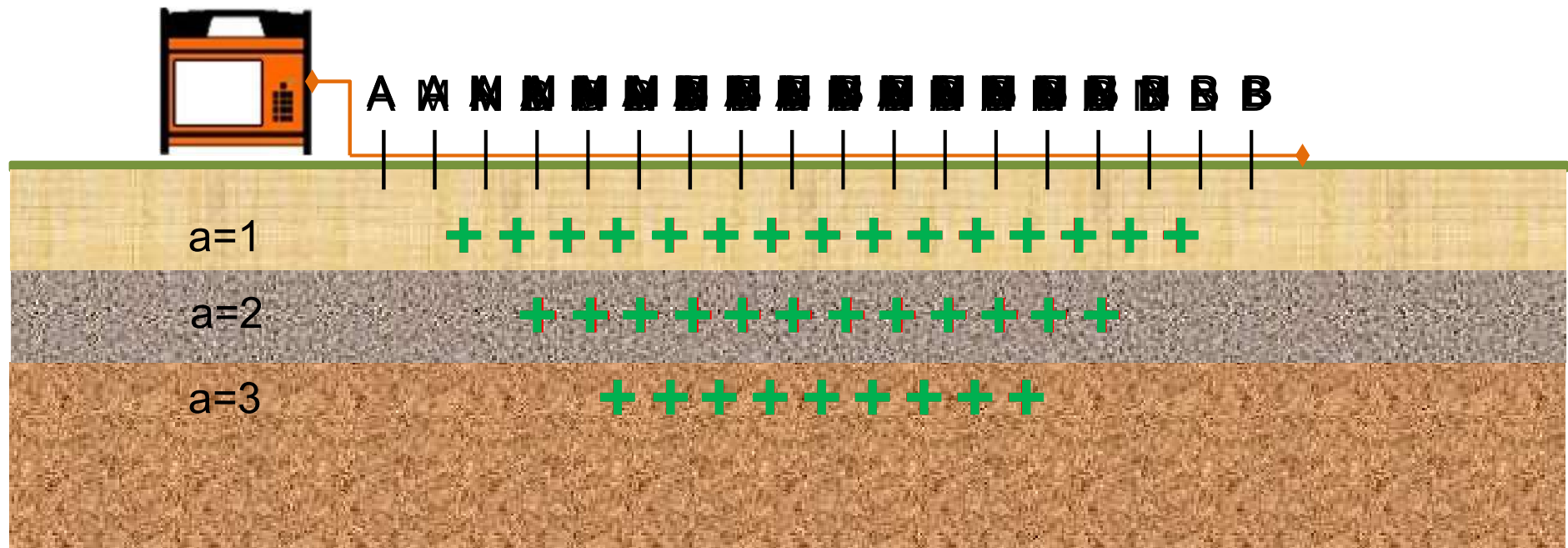
RESISTIVITY (Ohm-m)

0.1 1 10 100 1000 10.000 100.000



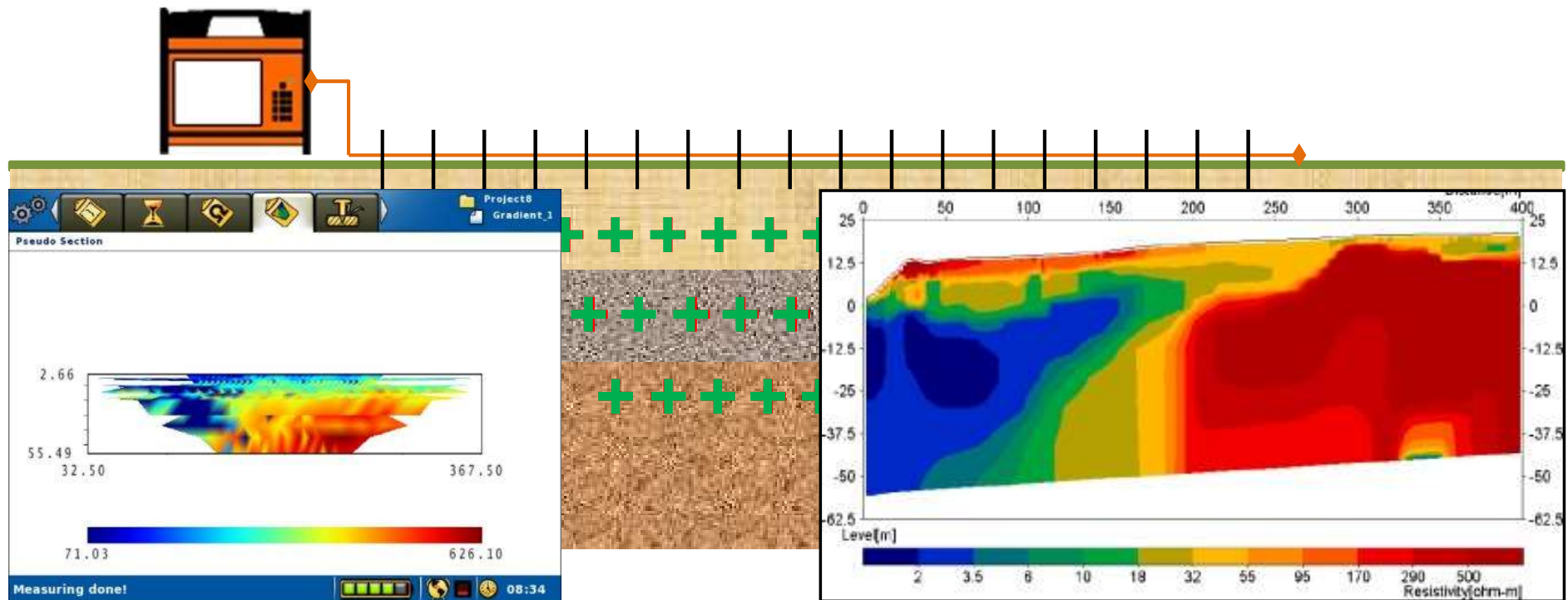
Method – Imaging

- Field procedure of 2D imaging:



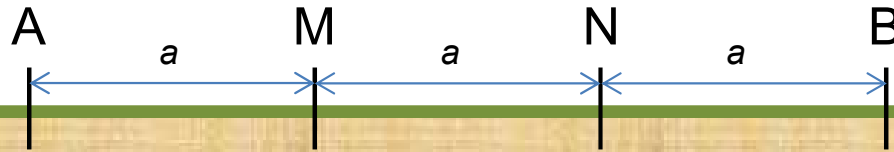
Method – Imaging

- Results **during** the measurement
- Results **after** the measurement
- Pseudosection:
- Inversed model:



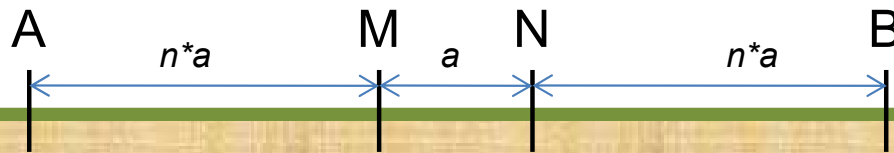
Electrode Arrays

Wenner



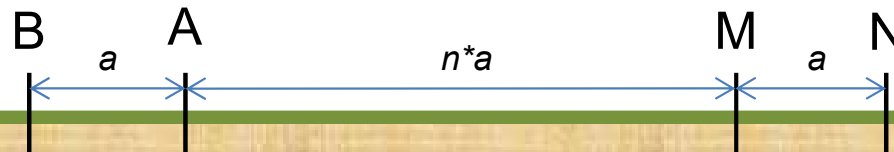
- Horizontal Layering
- Simple Conversion to Resistivity

Schlumberger



- Horizontal Layering
- Less Work in the field

Dipole-Dipole

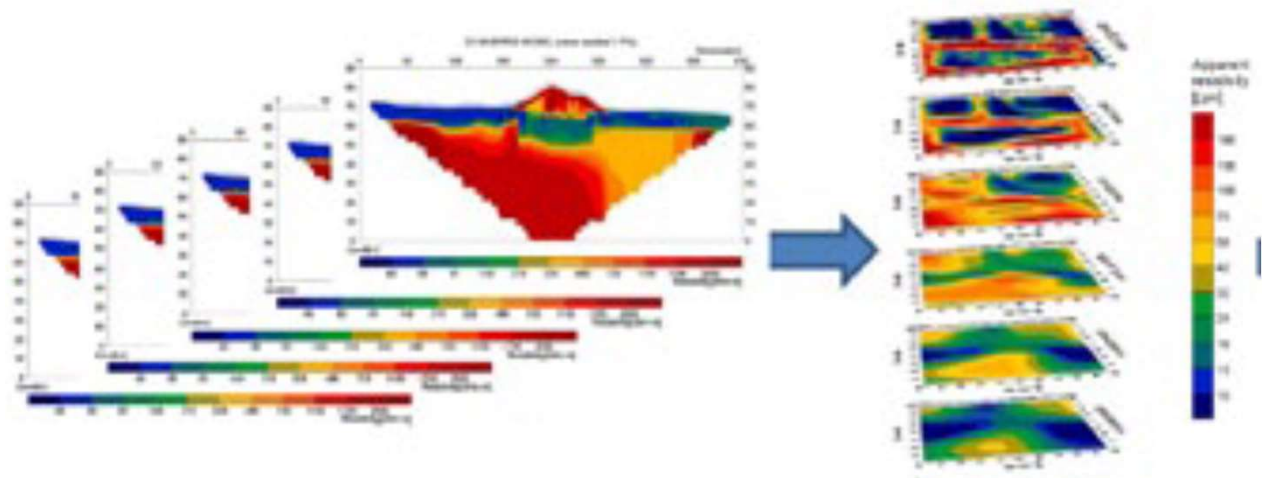
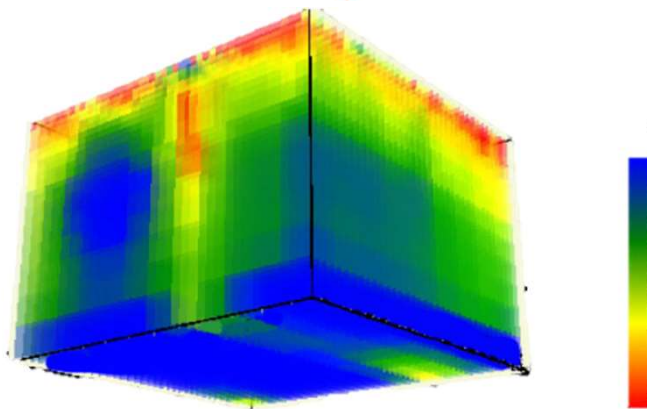
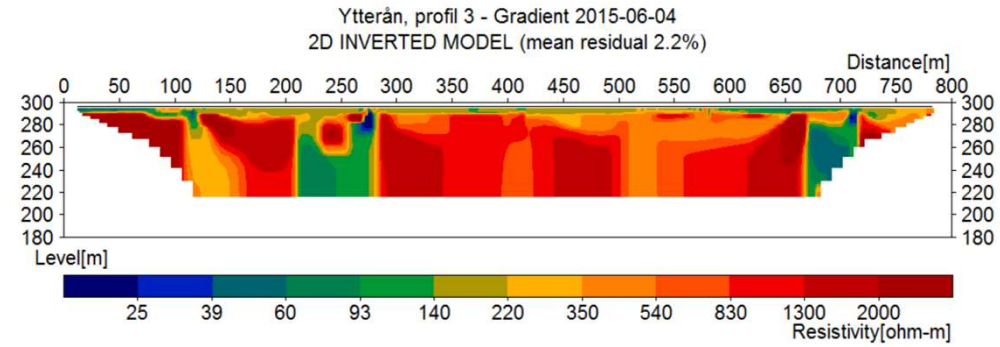


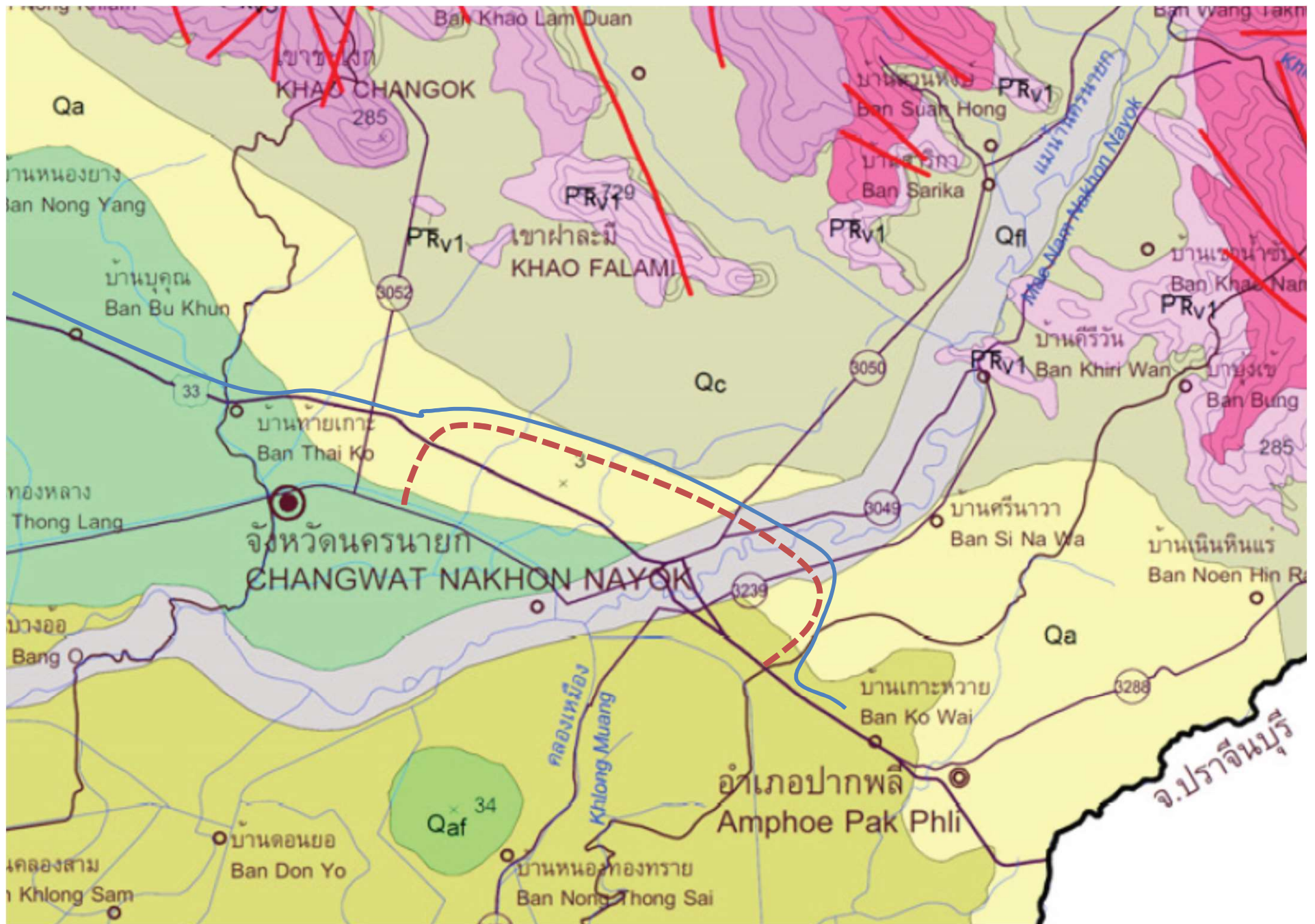
- Vertical Structures
- Multi-channel
- Increased Noise

Multiple Gradient



- “Good Compromise” Array
- Multi-channel
- Good Signal-to-Noise Ratio





แนวสำรวจที่ 1 บริเวณใกล้ตำแหน่งการวางท่อก๊าซ



แนวสำรวจที่ 2 บริเวณกึ่งกลางถนน

แนวสำรวจที่ 3 บริเวณฝั่งตรงข้าม (ไม่มีการวางท่อก๊าซ)

ตำแหน่งการวางท่อแบบ OPEN



แนวสำรวจที่ 2

แนวสำรวจที่ 1



แนววางท่อก๊าซ

แนวสำรวจที่ 3



แนวสำรวจที่ 2

ตำแหน่งการวางท่อแบบ OPEN CUT

โครงสร้างทางบริเวณตำแหน่งวางท่อไม่ค่อยแข็งแรง
(ความชื้นสูงหรือการบดอัดดินหลังวางท่ออาจไม่เป็นไปตามหลักวิชาการ)

ตีคอนข้างอ่อนหมายถึงโครงสร้าง

ไม่ค่อยแข็งแรง

ตีเข็มหมายถึงโครงสร้างทางแข็งแรง

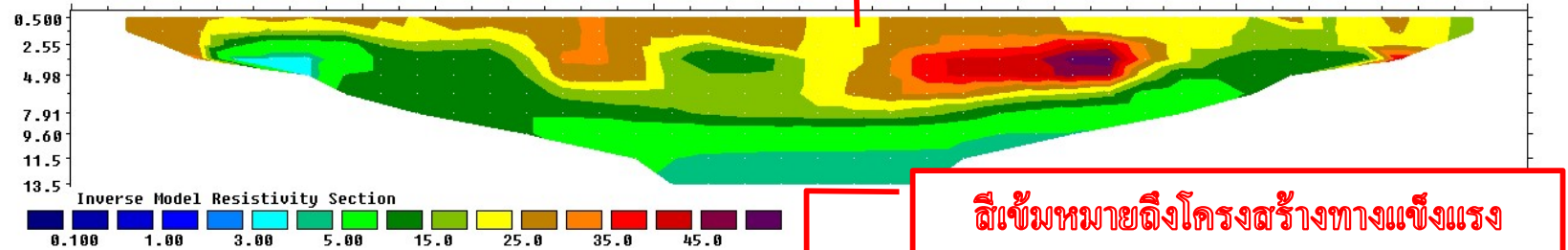
ตีเข็มหมายถึงโครงสร้างทางแข็งแรง

5+300

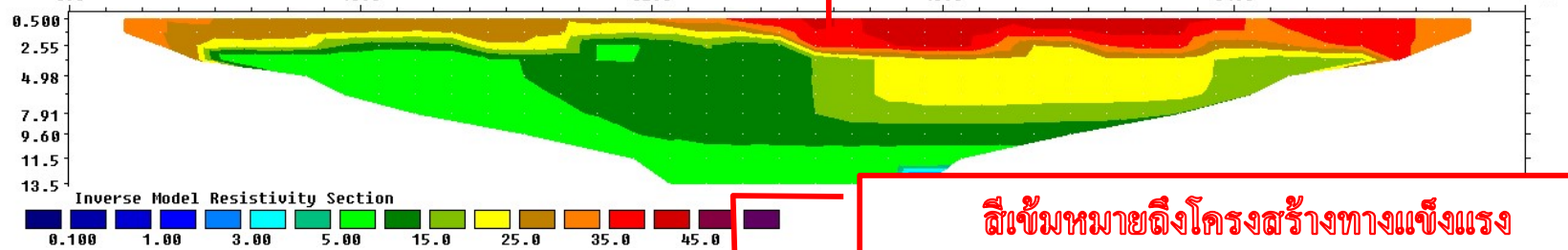
5+250

5+350

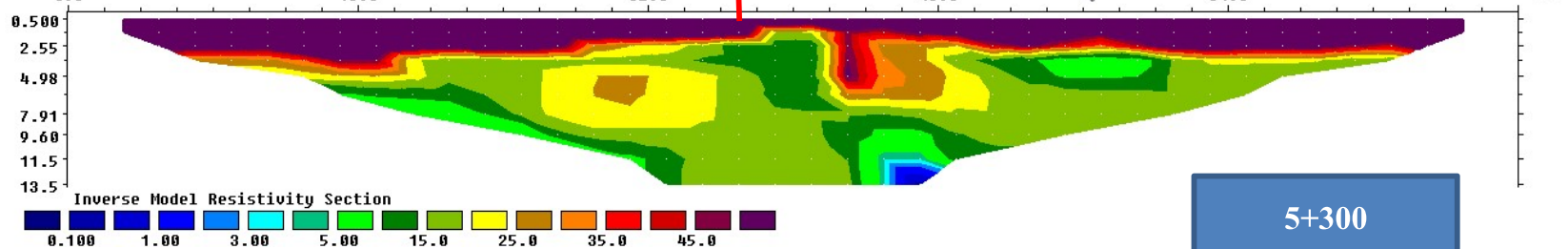
Depth Iteration 7 Abs. error = 1.98 %
0.0 16.0 32.0 48.0 64.0 m.



Depth Iteration 7 Abs. error = 1.16 %
0.0 16.0 32.0 48.0 64.0 m.



Depth Iteration 7 Abs. error = 2.2 %
0.0 16.0 32.0 48.0 64.0 m.



LINE 1

LINE 2

LINE 3

แนวสำรวจที่ ๑

แนวสำรวจที่ ๒

แนวสำรวจที่ ๓

ควีว้างปลาทอง

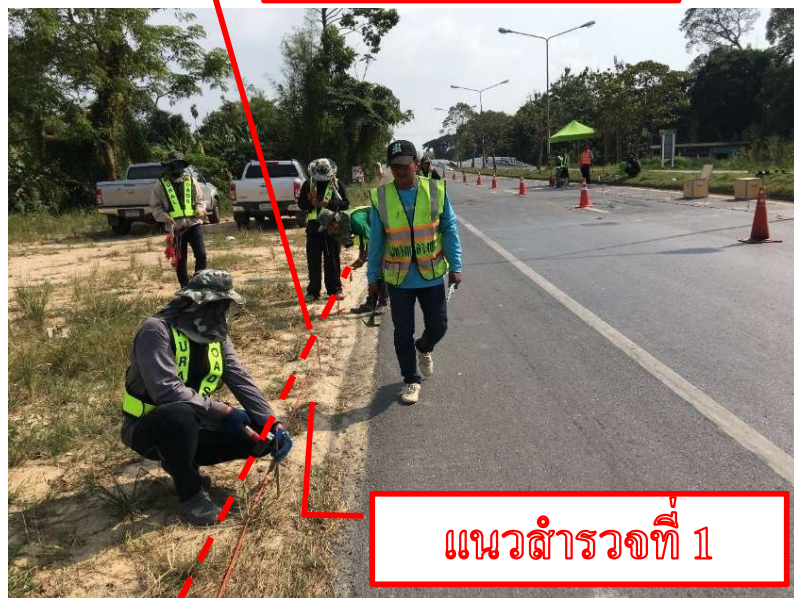
๗1

2011

2011



แนววางท่อก๊าซ



แนววางท่อก๊าซ

แนวสำรวจที่ 1

ตำแหน่งการทดสอบที่วางท่อโดย HDD



แนววางท่อก๊าซ

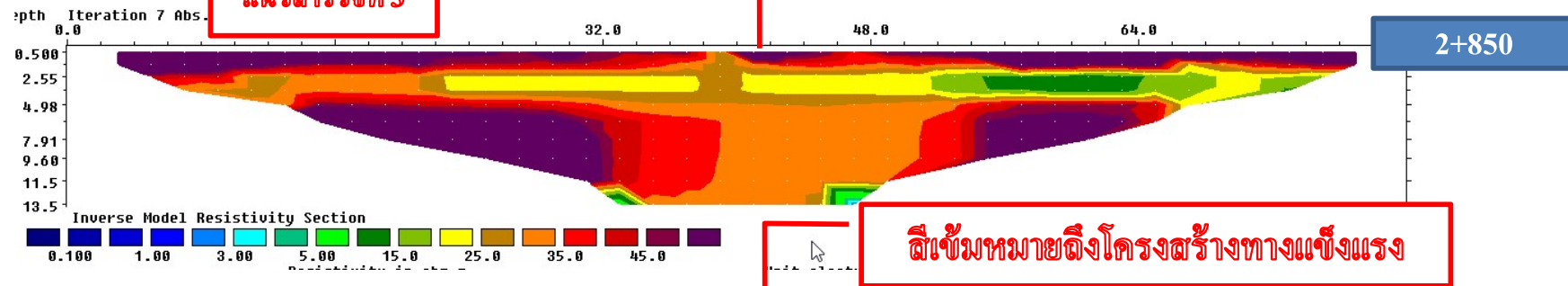
แนวสำรวจที่ 2

ตำแหน่งการทดสอบที่วางท่อโดย HDD โครงสร้างทาง ยังคงแข็งแรง

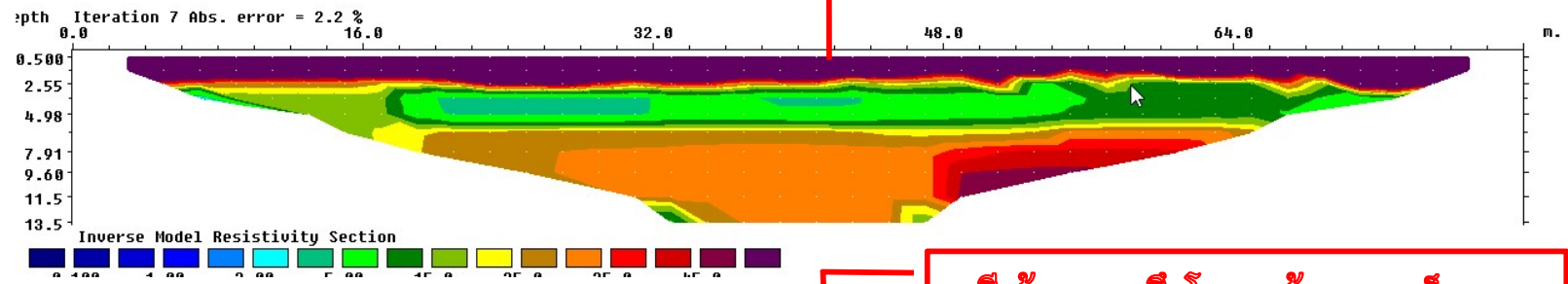


2+750

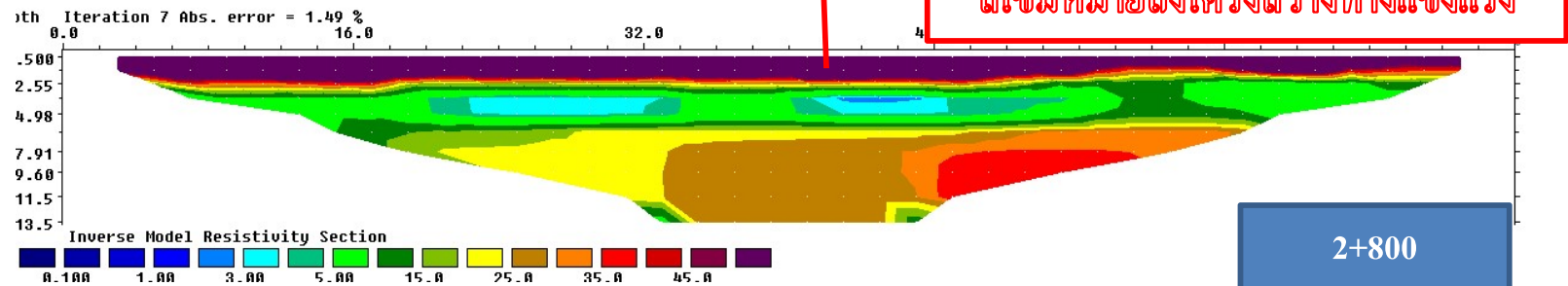
LINE 1



LINE 2

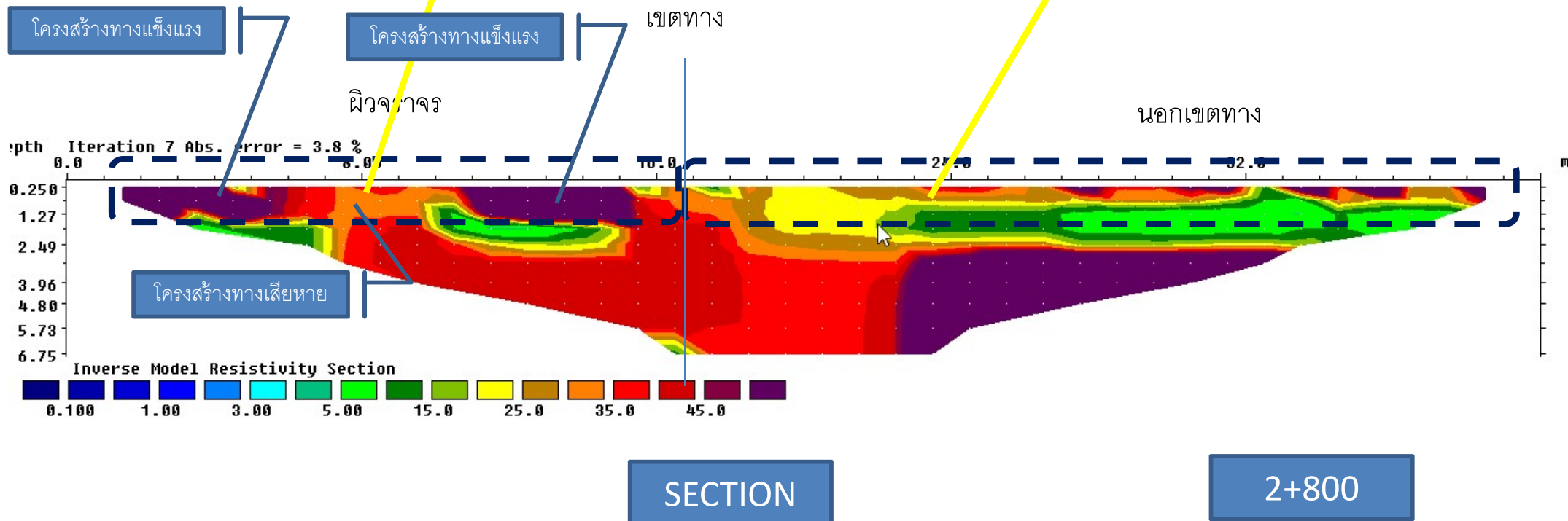


LINE 3



2+800

HDD



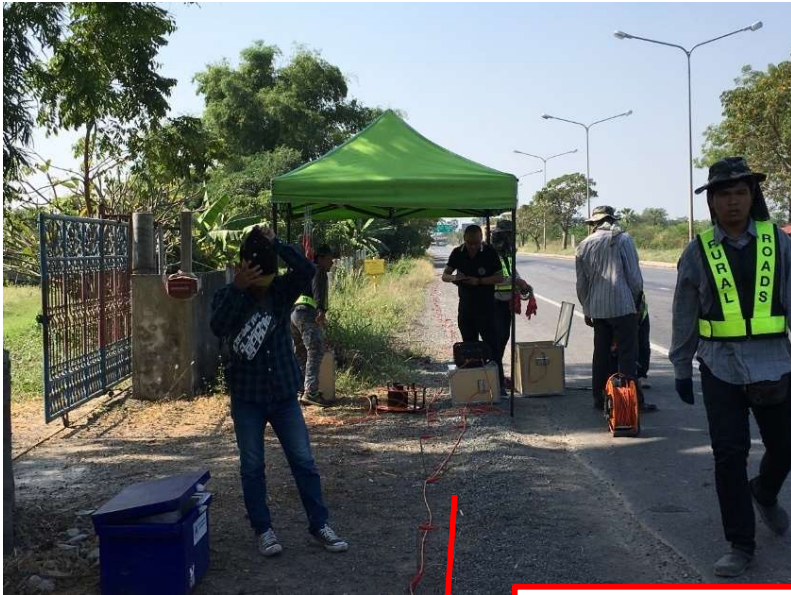
ตำแหน่งที่ทดสอบวางท่อแบบ OPEN CUT



แนววางท่อก๊าซ



แนววางท่อก๊าซ

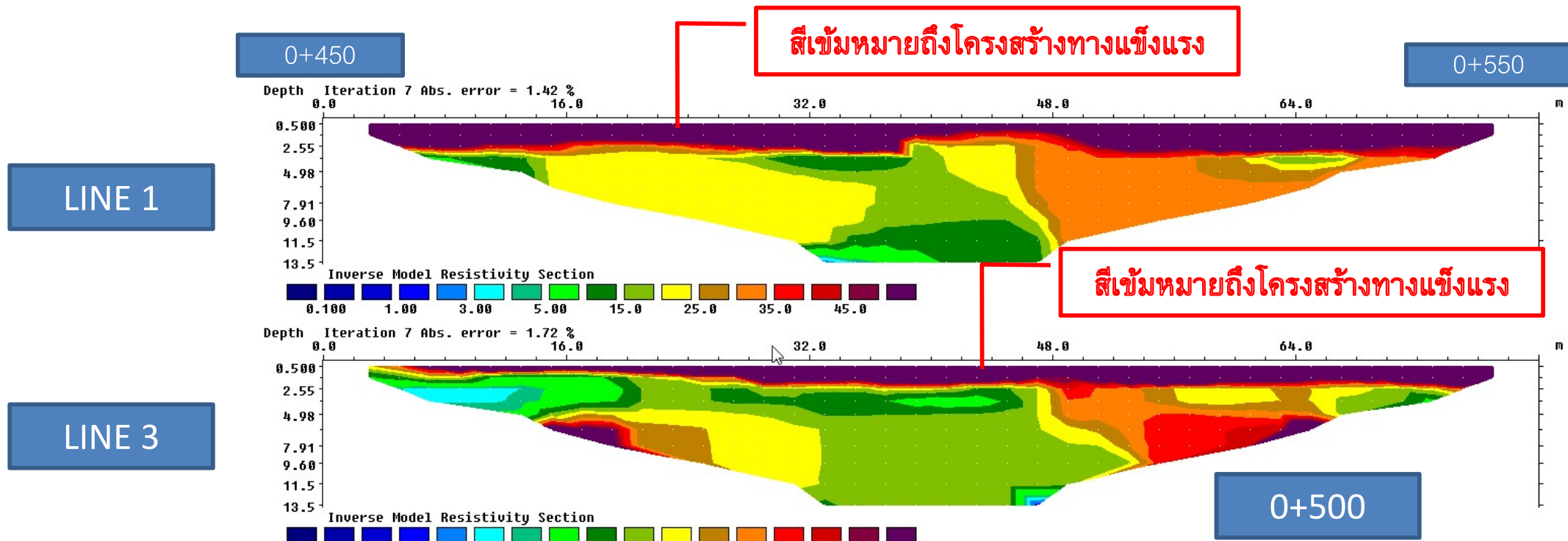


แนวสำรวจที่ 3

แนวสำรวจที่ 1



ตำแหน่งที่ทดสอบวางท่อแบบ
OPEN CUT ที่เสียหายเล็กน้อย
 มาก (การบดอัดดินหลังวางท่อ
 เป็นไปตามหลักวิชาการอย่าง
 เหมาะสม)



แนววางท่อก๊าซ



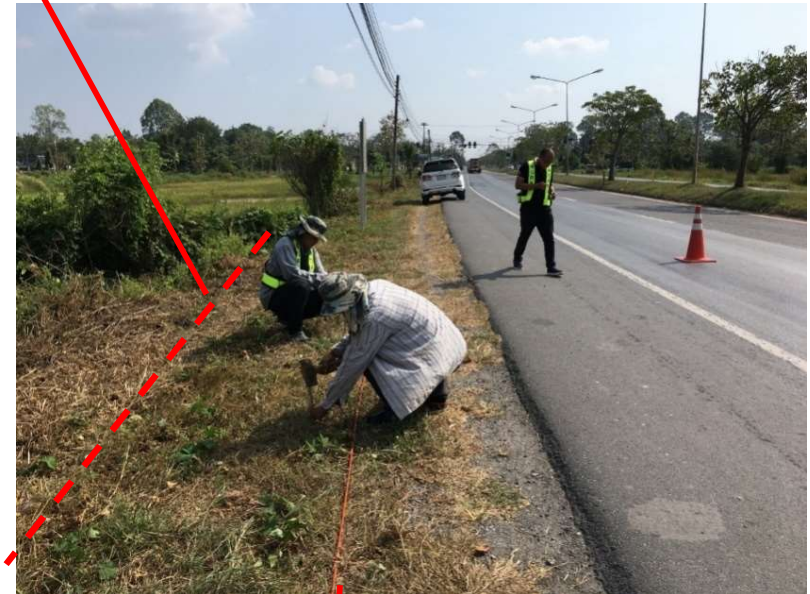
แนวสำรวจที่ 2



แนวสำรวจที่ 3

ตำแหน่งการวางท่อแบบ **OPEN CUT** และ **HDD**

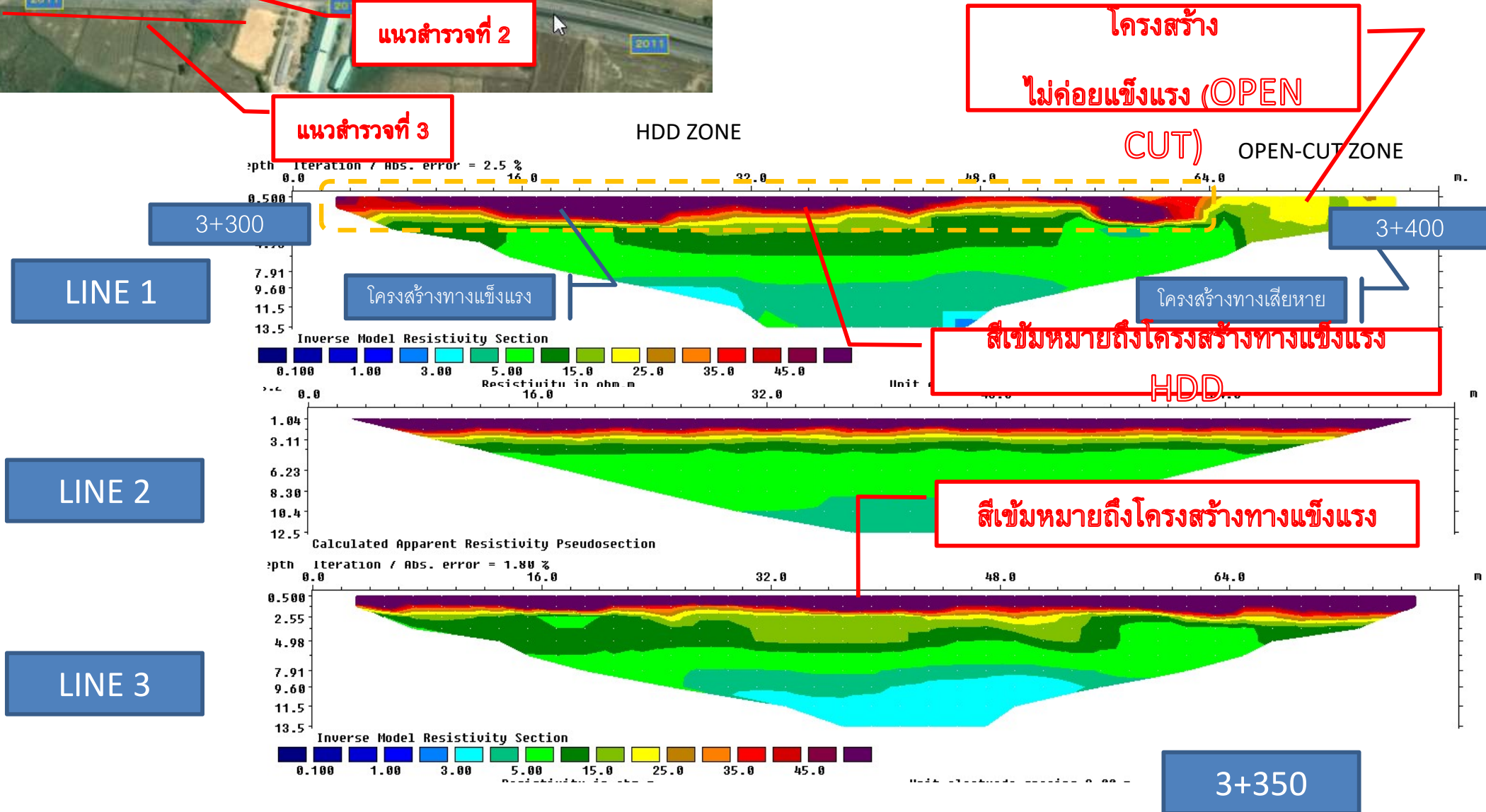
แนววางท่อก๊าซ



แนวสำรวจที่ 1



ตำแหน่งการวางท่อแบบ **OPEN CUT** โครงสร้างทางบริเวณตำแหน่งวางท่อไม่ค่อยแข็งแรง (ความชันสูงหรือการบดอัดดินหลังวางท่ออาจไม่เป็นไปตามหลักวิชาการ) สื่อน้ำข้างถนนหมายถึง



ตำแหน่งที่ทดสอบ	รูปแบบการวางท่อ	ผลจากการทดสอบ resistivity test
0+500	Open cut และทำการบดอัดดินหลังท่อเป็นชั้นๆ	ชั้นโครงสร้างทางมีความแข็งแรงดั้งเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับถนนด้านที่ไม่ได้วางท่อ
2+850	HDD	ชั้นโครงสร้างทางมีความแข็งแรงดั้งเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับถนนด้านที่ไม่ได้วางท่อ แต่พบความเสียหายเพียงเล็กน้อย ซึ่งน่าจะเกิดจาก soft spot ของถนนเอง ไม่น่าจะเกี่ยวข้องกับการวางท่อ
3+350	HDD และ Open cut	บริเวณ HDD ชั้นโครงสร้างทางมีความแข็งแรงดั้งเดิม แต่บริเวณ Open cut พบว่าชั้นดินมีความต้านทานไฟฟ้าลดลง (อาจมีน้ำซึมและขังอยู่ในชั้นทาง) ทำให้ผิวถนนเสียหายในบริเวณ Open cut
5+350	Open cut และทำการบดอัดดินหลังท่อไม่ดี	ถนนด้านใกล้แนวท่อมีความต้านทานไฟฟ้าลดลงอย่างมาก สอดคล้องกับเสียหายที่พบที่ผิวถนน แต่ถนนฝั่งที่ไม่ได้วางท่อ ความต้านทานไฟฟ้าสูง สอดคล้องกับไม่พบความเสียหายที่ผิวถนน

วันที่ 22 มกราคม 2561 สำนักงานทางหลวงชนบทที่ 13 (ฉะเชิงเทรา) , แขวงทางหลวงชนบทนครนายก , สำนักสำรวจและออกแบบ สำนักบำรุงทาง สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา ผู้แทนบริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) และผู้เกี่ยวข้อง ได้ร่วมประชุมและลงพื้นที่ เพื่อหาแนวทาง วิธีการออกแบบ แก้ไข และซ่อมบำรุง แบบถาวร ในสายทาง นย.2011 (ตามรายงานการประชุม วันที่ 22 มกราคม 2561)



มติที่ประชุม ได้เลือกผลการทดสอบของช่วง กม.5+350 ที่มีความเสียหายมากที่สุด เป็นตัวแทนของความเสียหายทั้งหมด เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการออกแบบ



แนววางท่อก๊าซ

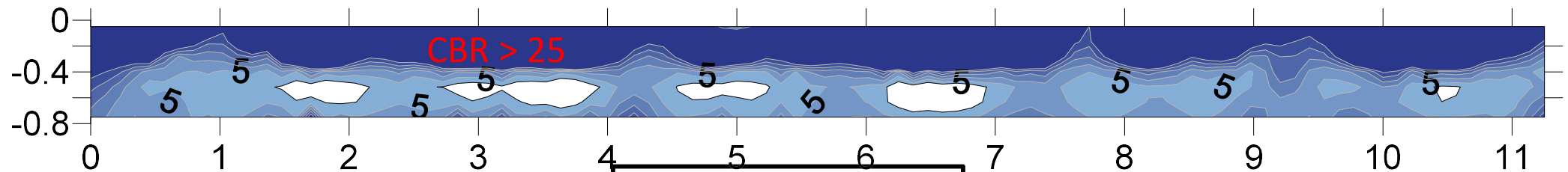


แนววางท่อก๊าซ

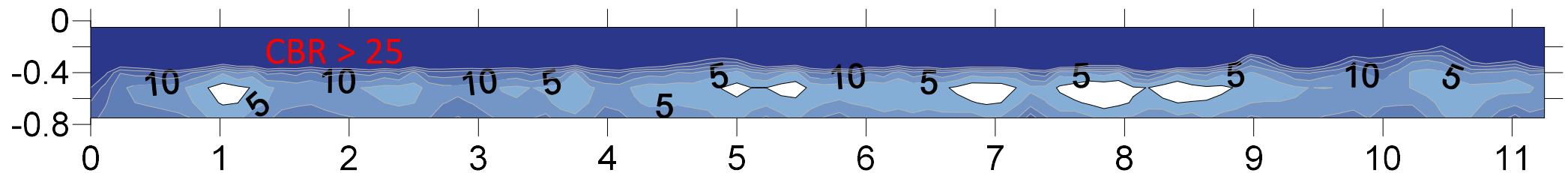
แนววางท่อก๊าซ



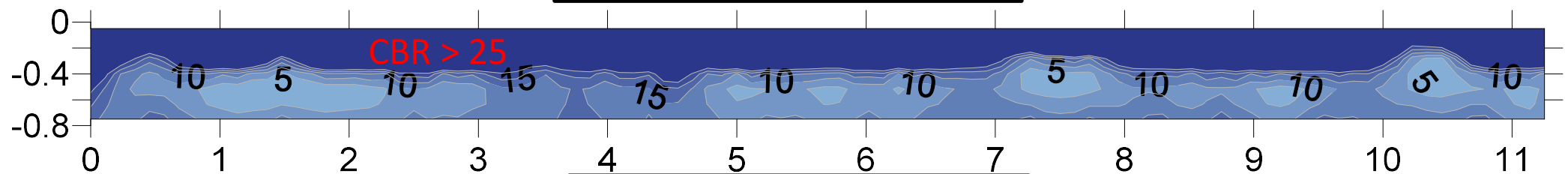
CBR from FWD



LINE 1 RT (ใกล้แนวท่อ)



LINE 2 RT (ห่างแนวท่อประมาณ 5 ม)

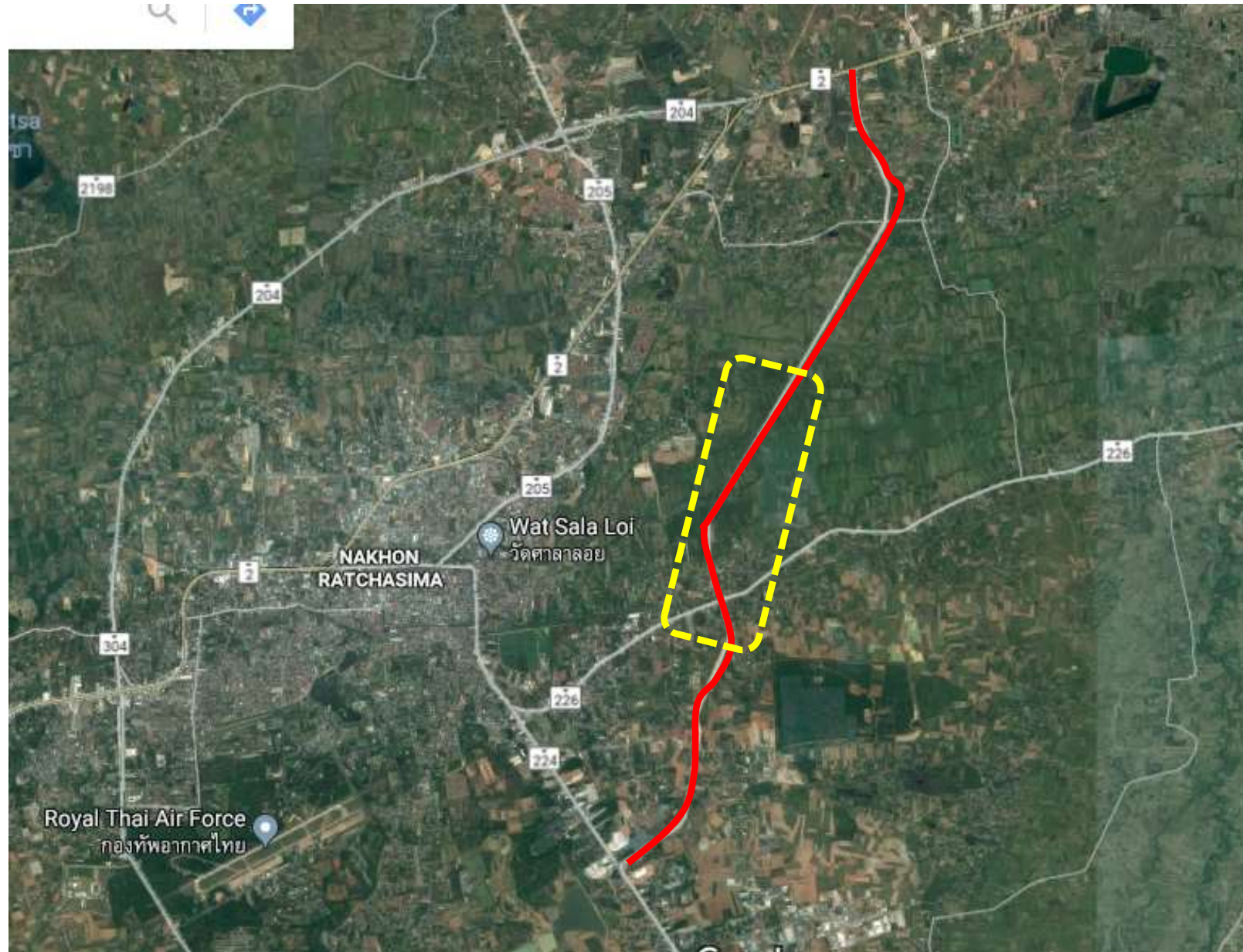


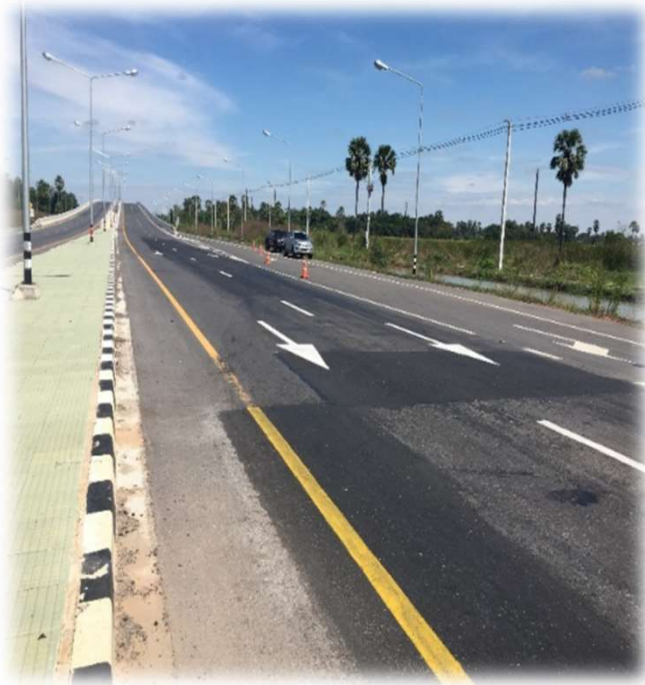
LINE 3 LT ตรงข้ามแนววางท่อ

กรณีศึกษา

ทางหลวงชนบทสาย
หนึ่ง ก่อสร้างแล้วเสร็จ
และเปิดใช้ไม่นาน
(ประมาณ 6 เดือน)

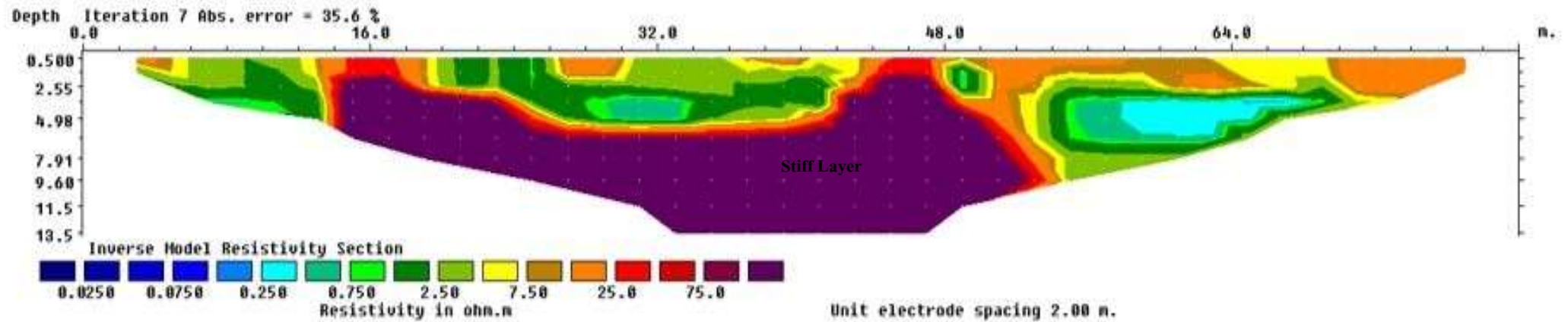
พบความเสียหายที่ผิว
จราจรระยะทางประมาณ
3-4 กม จากความยาวการ
ก่อสร้าง 11 กม



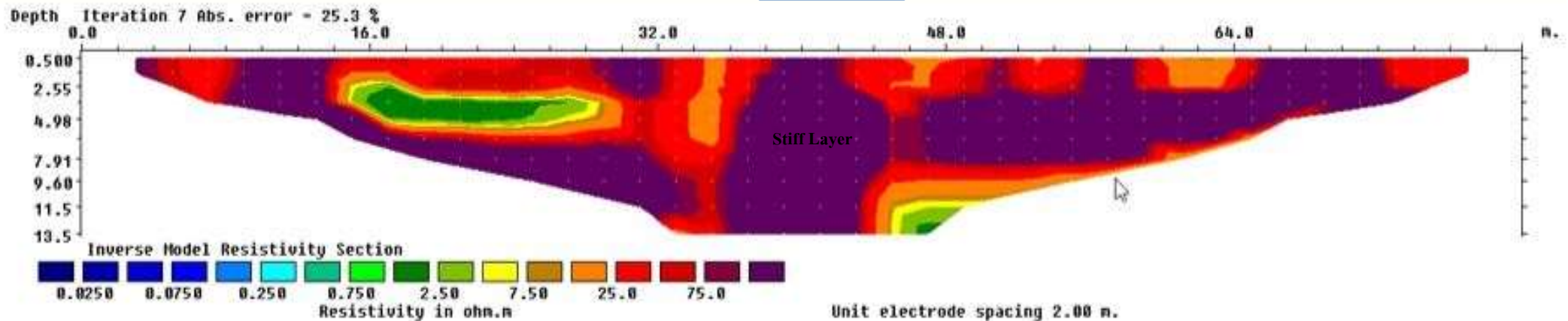




Resistivity survey results บริเวณที่ผิวจราจรอยู่สภาพดี (ต้นและปลายสายทาง)

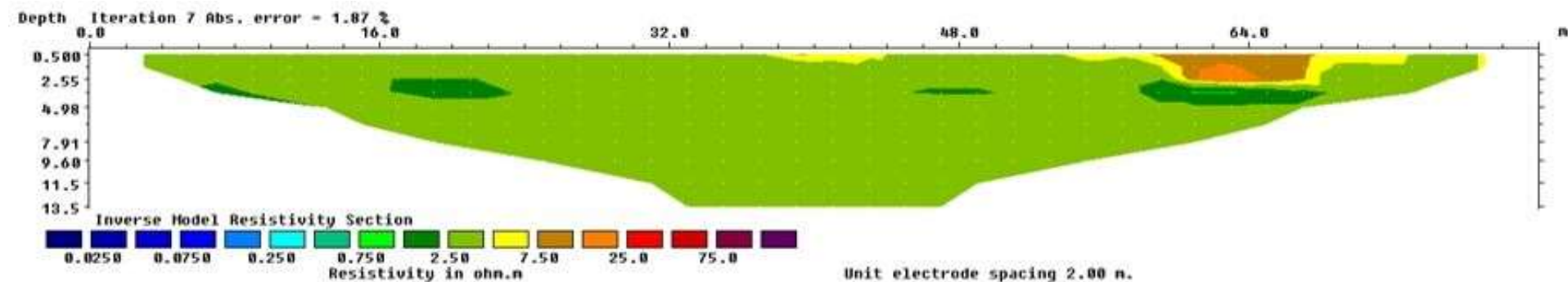


กม. 1+600

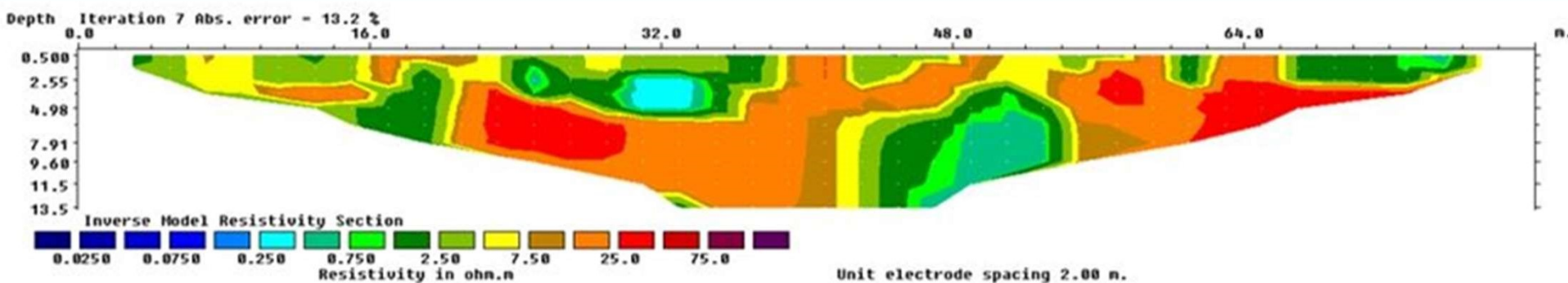


กม. 11+850

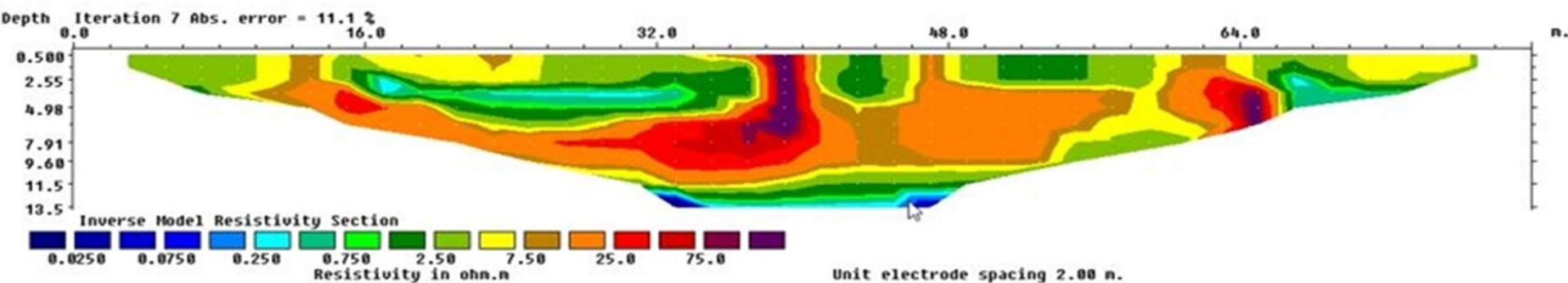
Resistivity survey results บริเวณที่พิจารณาอยู่ในสภาพเสียหาย (กม.6 – 9)



กม. 6+980



กม. 8+200

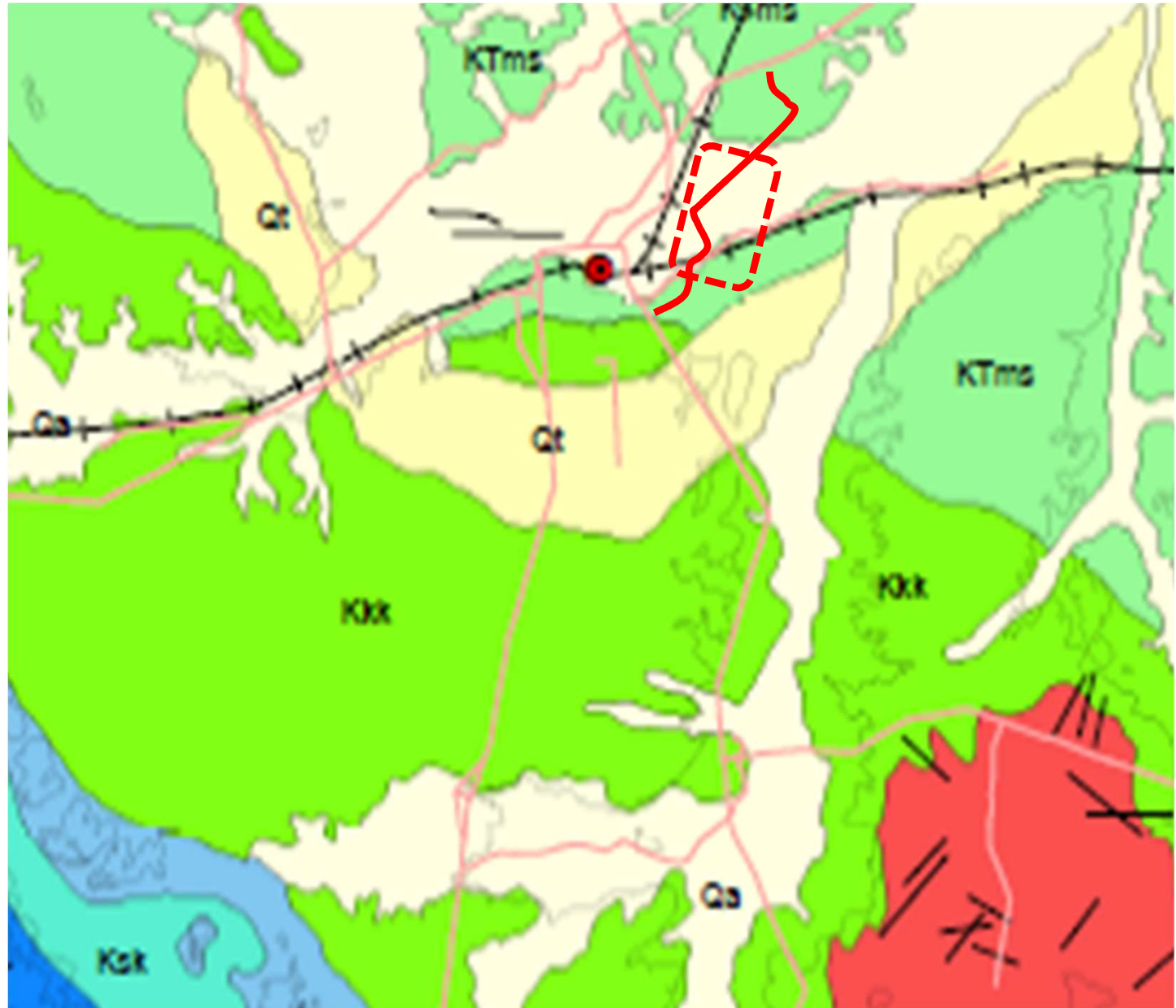


กม. 9+100

Geological map ชี้ให้เห็นว่า
ถนนบริเวณที่เสียหายตั้งอยู่ดิน
ตะกอน ซึ่งอาจทำให้เกิดการ
ทรุดตัวในอัตราสูงหลังจากการ
ก่อสร้างแล้วเสร็จ

สอดคล้องกับผลของ resistivity
survey พบค่าความต้านทาน
ไฟฟ้าต่ำในบริเวณที่ถนนมี
ความเสียหายหนัก

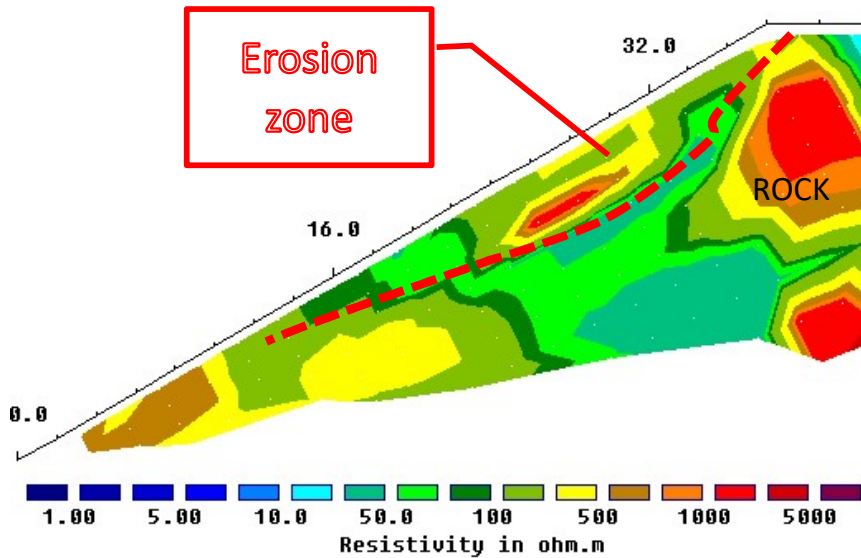
แต่บริเวณที่ถนนไม่พบความ
เสียหายพบว่าค่าความต้านทาน
ไฟฟ้าสูง



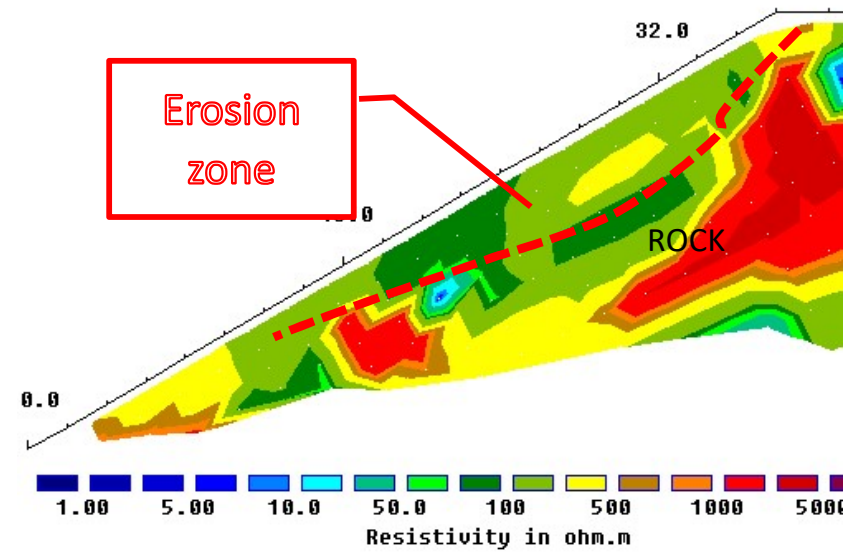
กรณีศึกษา

ทางหลวงชนบทสายใน
พื้นที่ภูเขา พบความ
เสียหายที่อาจเกิดจาก
Erosion หรือ Instability





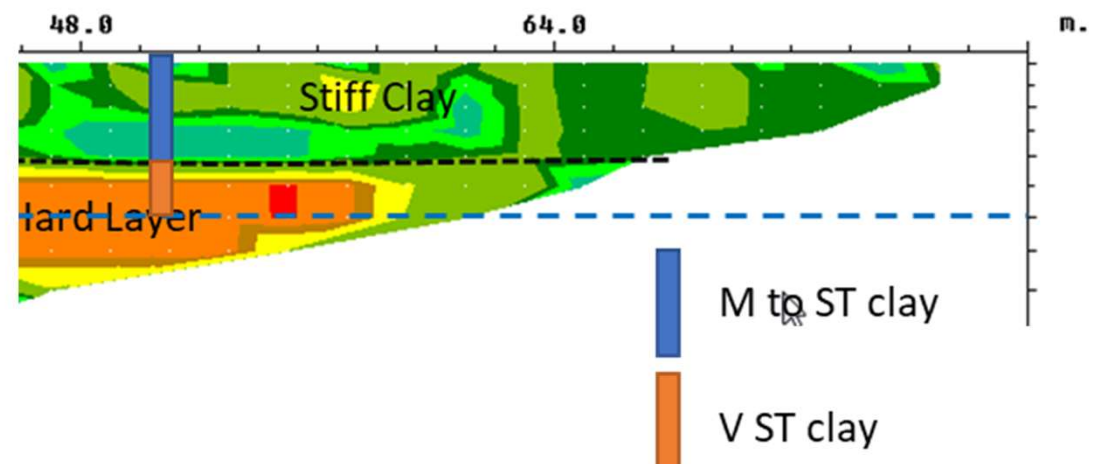
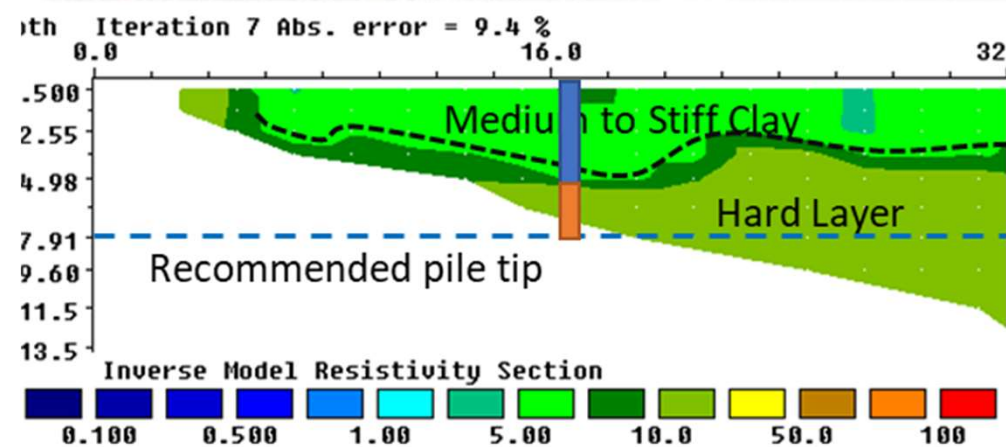
Horizontal scale is 32.00 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 0.65
 First electrode is located at 0.0 m.



Horizontal scale is 32.00 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 0.65

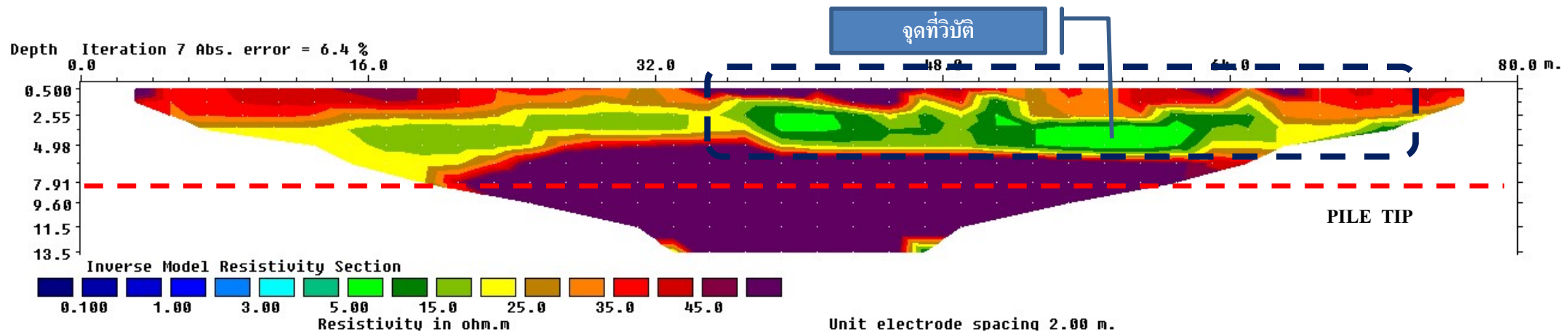
กรณีศึกษา

ใช้ resistivity survey ประเมินความยาวของเสาเข็มและ
เปรียบเทียบกับผลการเจาะสำรวจดิน



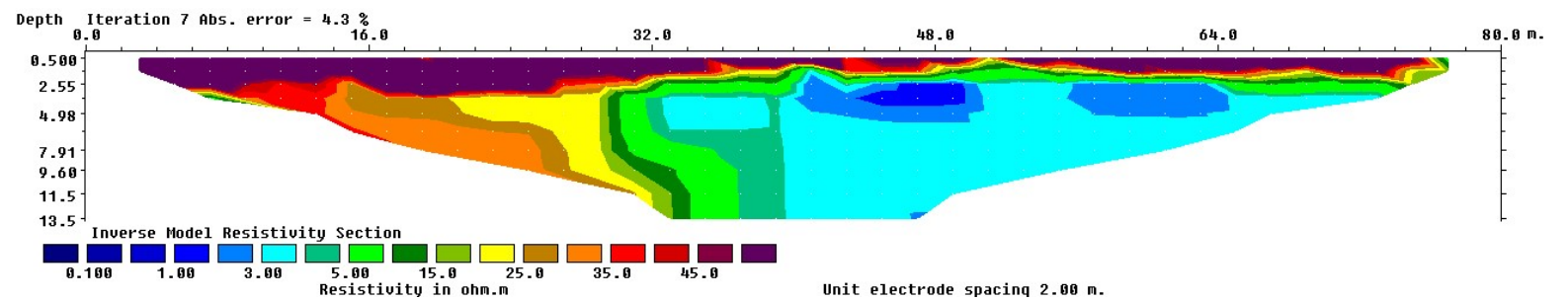
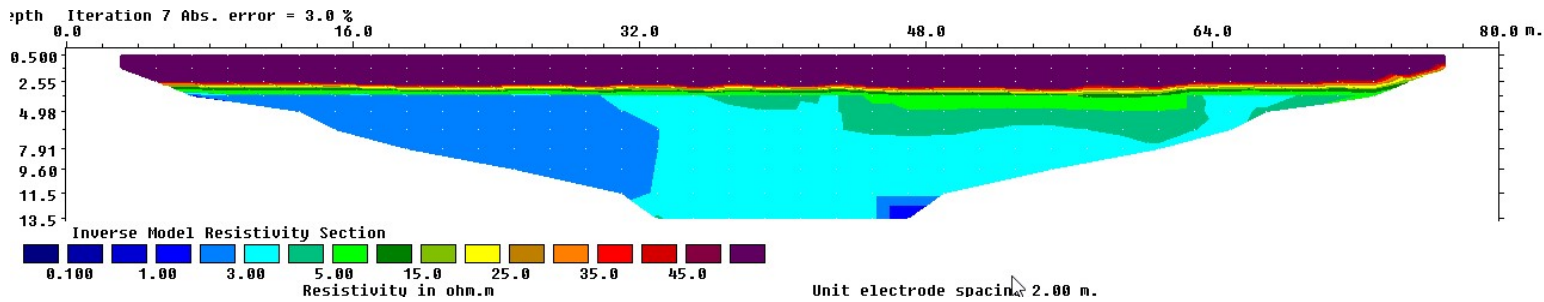
กรณีศึกษา

ใช้ resistivity survey ประเมินความยาวของเสาเข็มและเปรียบเทียบกับ
ผลการเจาะสำรวจดิน



กรณีศึกษา

ใช้ resistivity survey ประเมินความแข็งแรงของดินเดิม



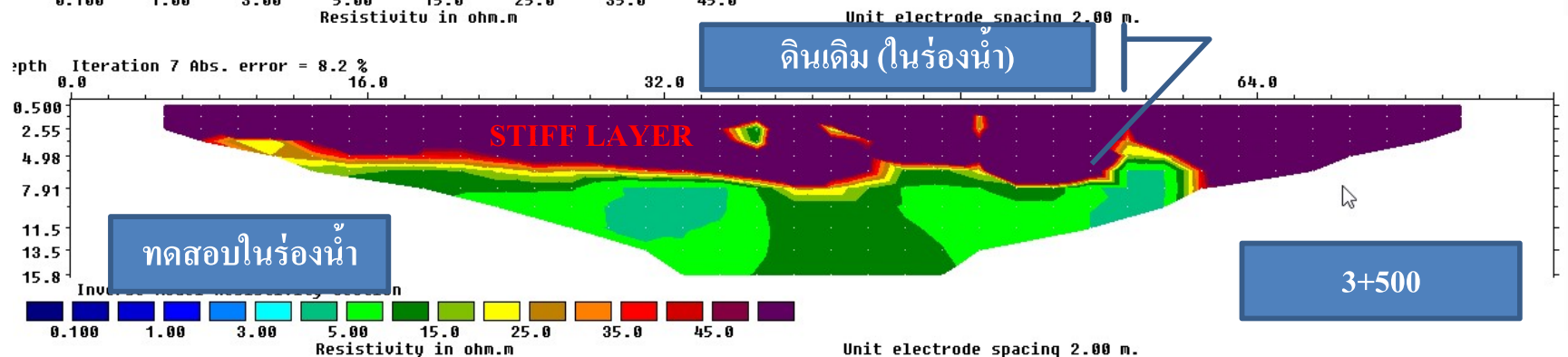
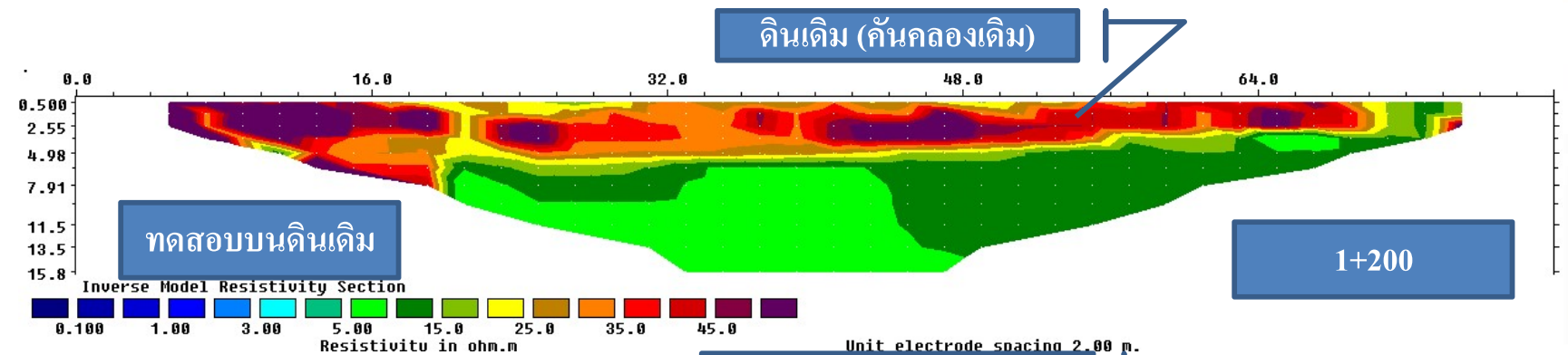
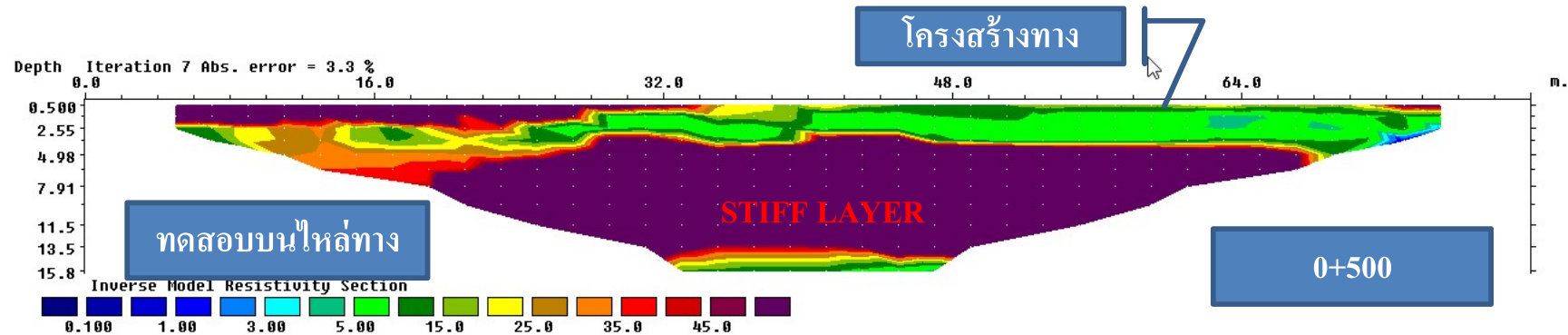
กรณีศึกษา

ใช้ resistivity survey ประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างทาง



กรณีศึกษา

ใช้ resistivity survey ประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างทาง



คณะผู้จัดทำ

นายจักรพงษ์ วงศ์คำจันทร์	ผู้อำนวยการกลุ่มปฐพีวิศวกรรม
ดร.กวิน สายประเสริฐกิจ	วิศวกรโยธาชำนาญการ
ดร.ทวีพงษ์ สุขสวัสดิ์	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
นายदनัยณัฐ ถาวร	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
นายสรวิศ วิเศษกาศ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
นายพลากร ตันยา	นายช่างโยธาปฏิบัติงาน
นายกิตติ จุฑาภิรักษ์	วิศวกรโยธา (ลช.)
นายวสันต์ แซ่ฟุ้ง	นายช่างโยธา (ลช.)