

GEORADAR SOM UNDERSÖKNINGSMETOD

-Var står vi idag?



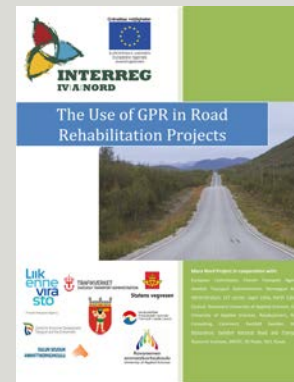
VÄGYTESEMINARIUM 2016-04-21

Martin Wiström

Ramböll RST

Georadar – en teknik på frammarsch

**Mara Nord, nordiskt samarbete kring användandet av GPR
2008-2011**



**En handfull aktörer på den svenska marknaden, sakta ökande
Finska aktörer i Sverige
Intresse från våra grannar i väst**

KRAV

Undersökning av befintlig väg med georadar

TDOK 2014:0149

Version 1.0

2015-01-01

KRAV

Utförandekontroll med georadar

TDOK 2014:0150

Version 1.0

2015-01-01

Geofysisk metod

**Elektromagnetiska
vågor (30-3000 MHz)**

**Reagerar på ändringar i
permittivitet mellan
olika lager**

**Tolkning kräver
erfarenhet och träning**

GPR-system

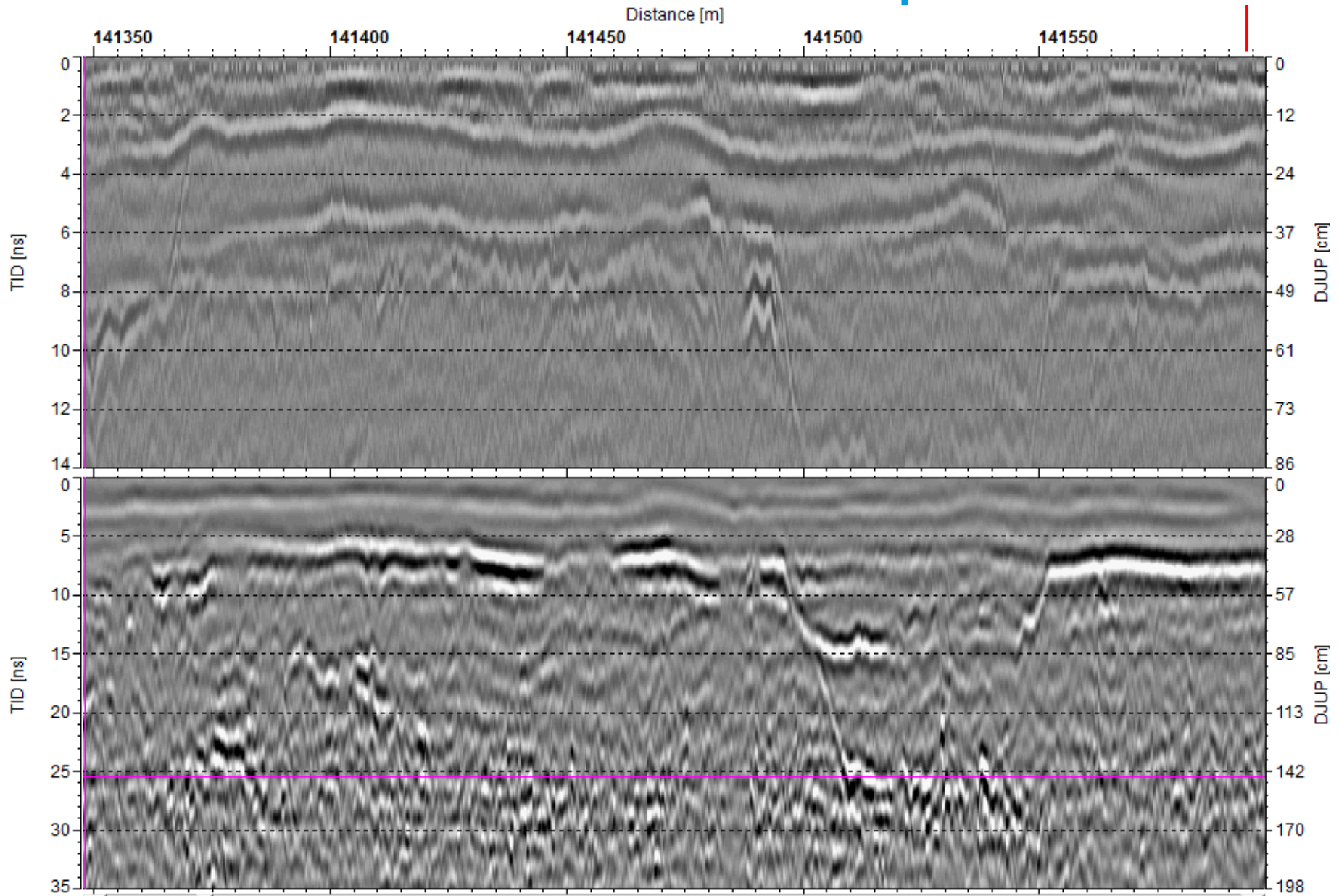
GPS

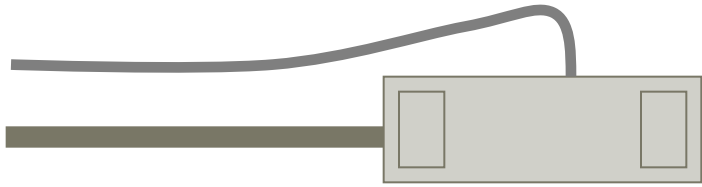
Hjulpulsgivare

Frontkameror



GEORADAR – svårt utan kunskap...





Luft

ϵ_r



Asfalt

ϵ_r

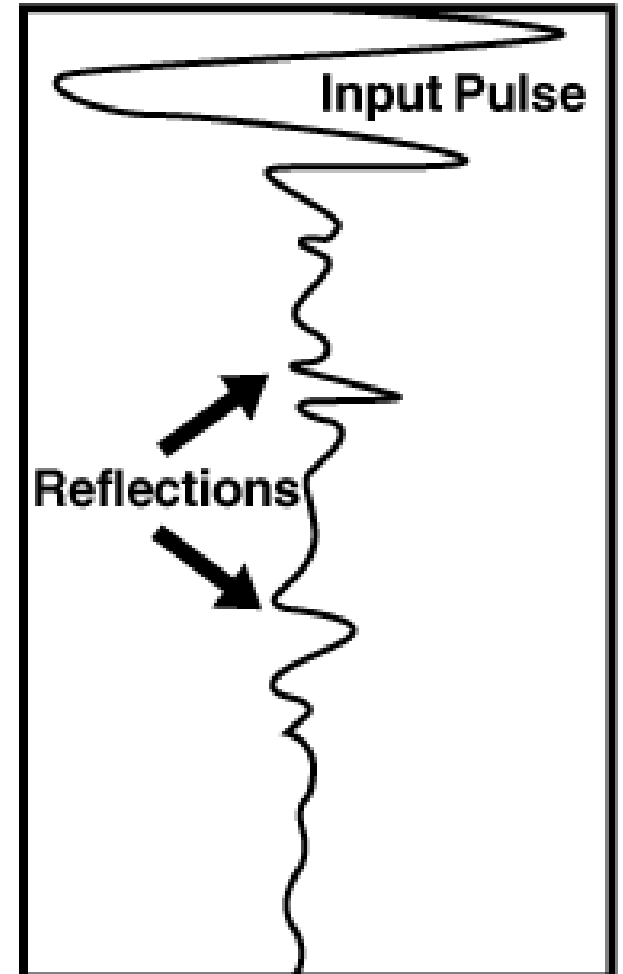


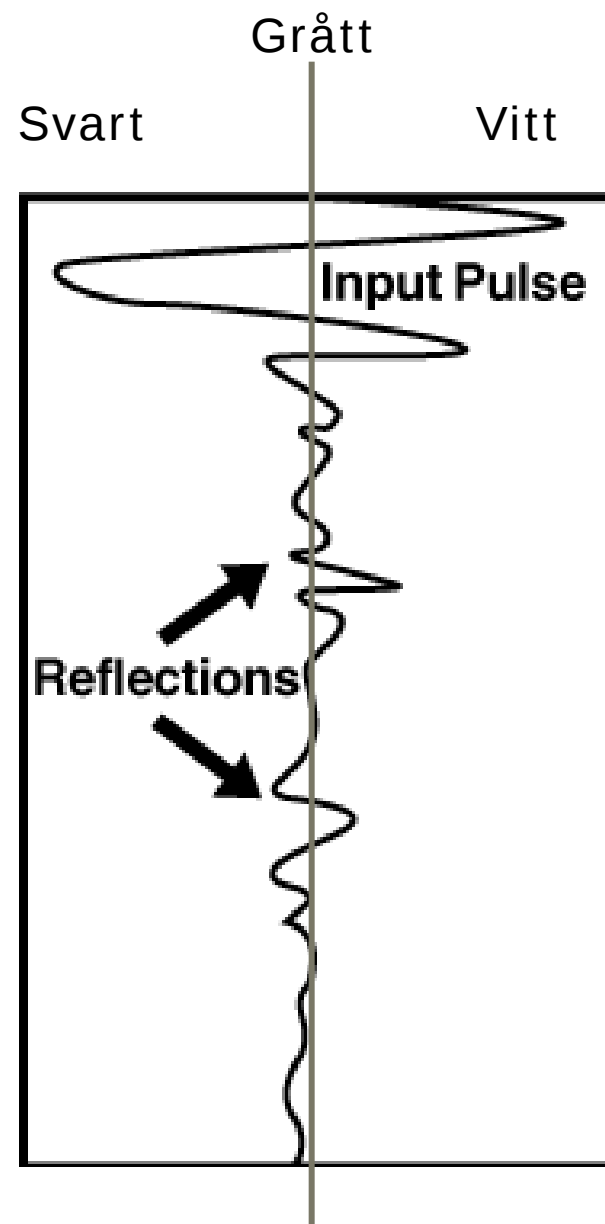
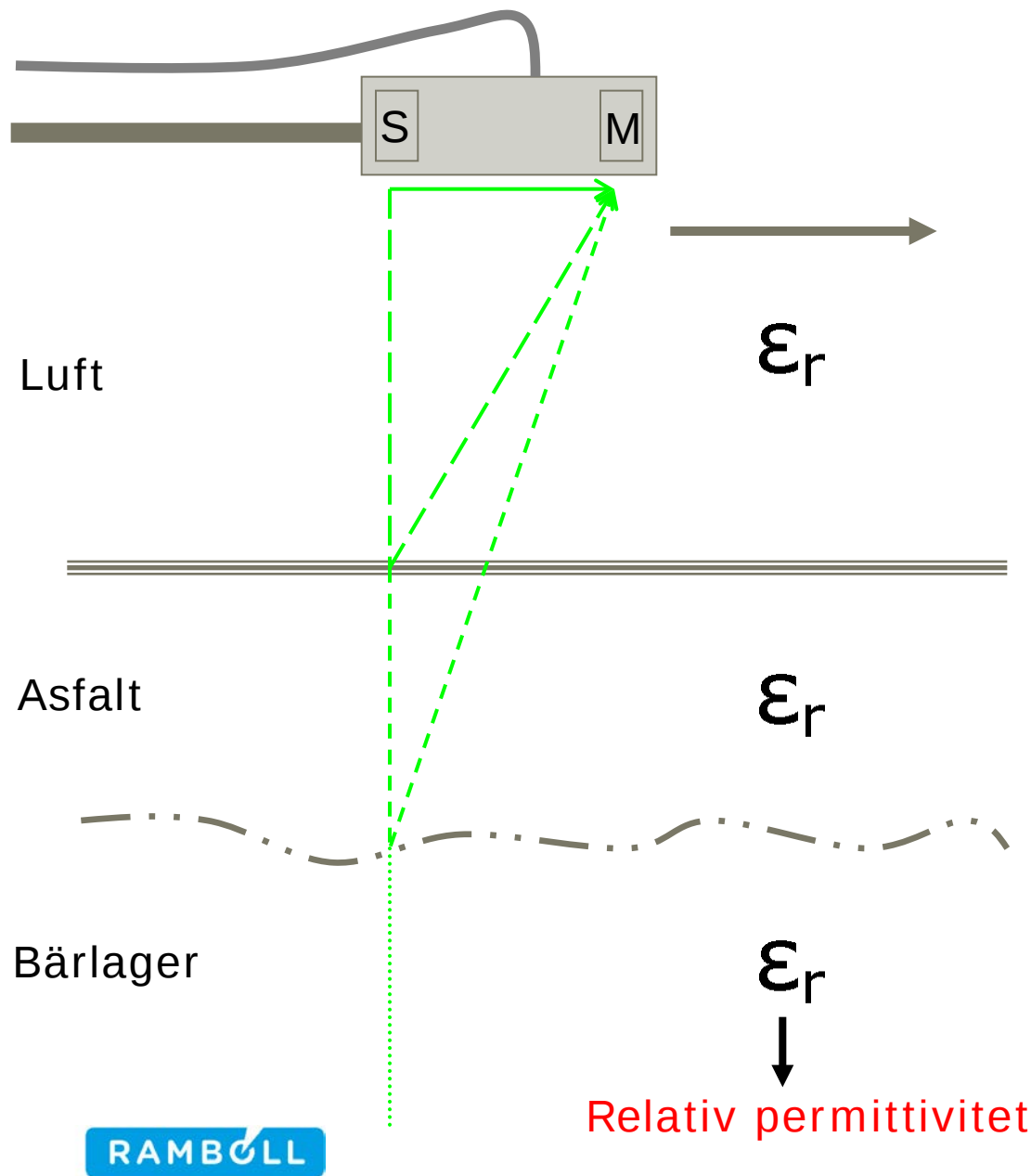
Bärlager

ϵ_r

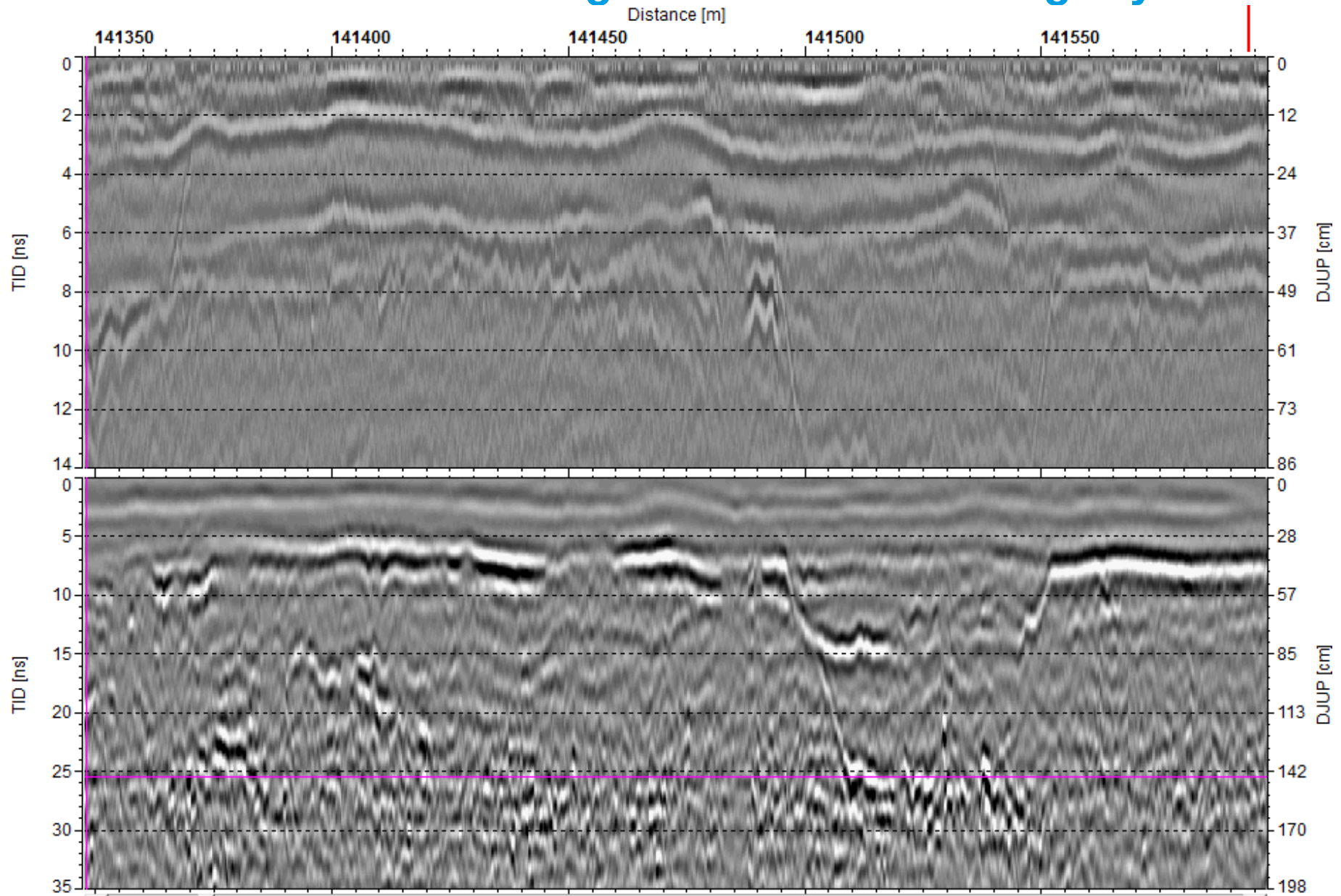


Relativ permittivitet





GEORADAR – Radargram beskriver lagerytor



Olika typer av system och antenner



Vad kan man kontrollera med GPR?

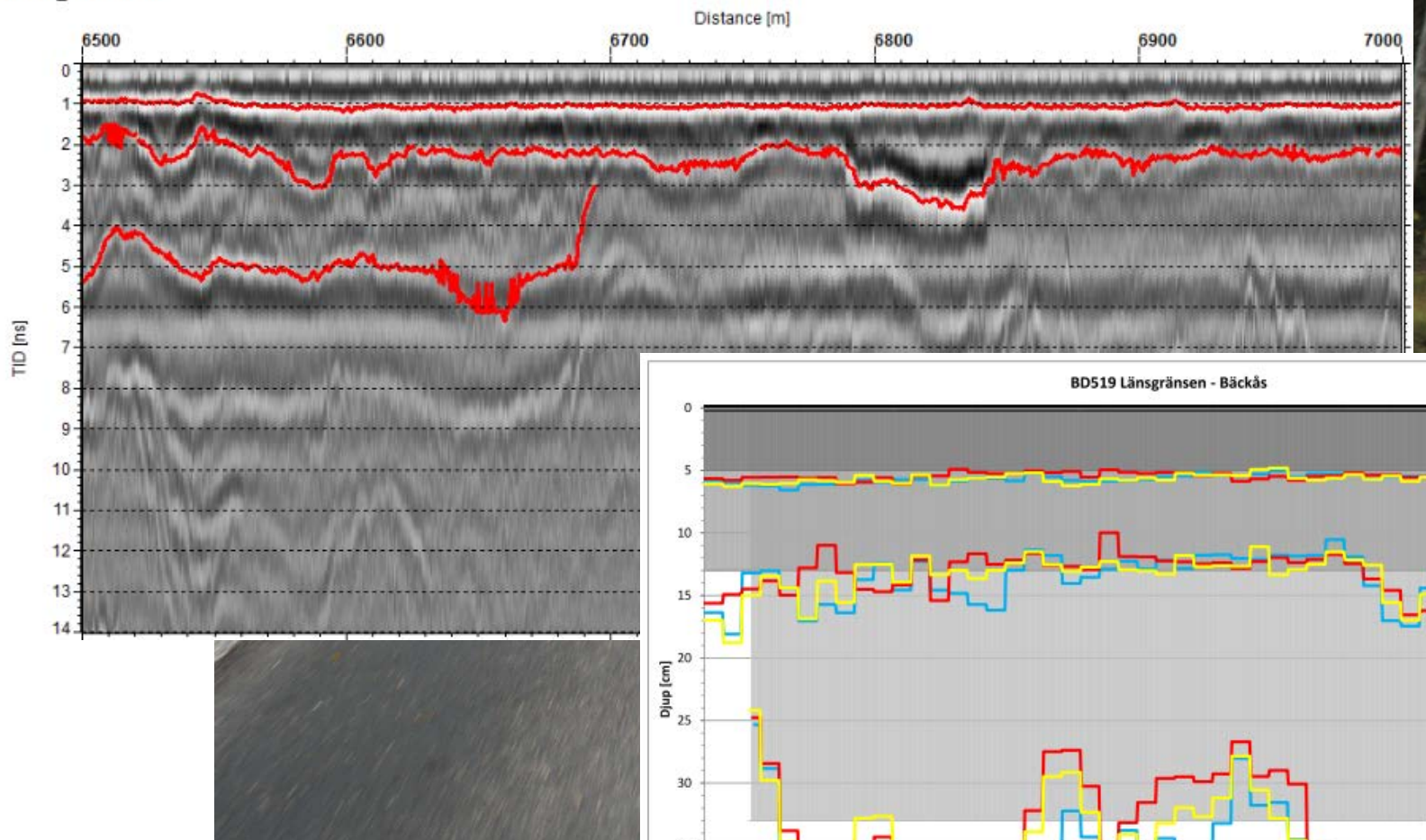
<u>Egenskap</u>	<u>GPR</u>	<u>Andra metoder</u>
• Lagertjocklekar	✓	Provtagning, Seismik
• Materialkvalitet	✓	Provtagning, Labtester
• Homogenitet	✓	Textur, DOR, Labtester
• Position på objekt	✓	Okulärt + inmätning
• Dränering	✓	Inventering



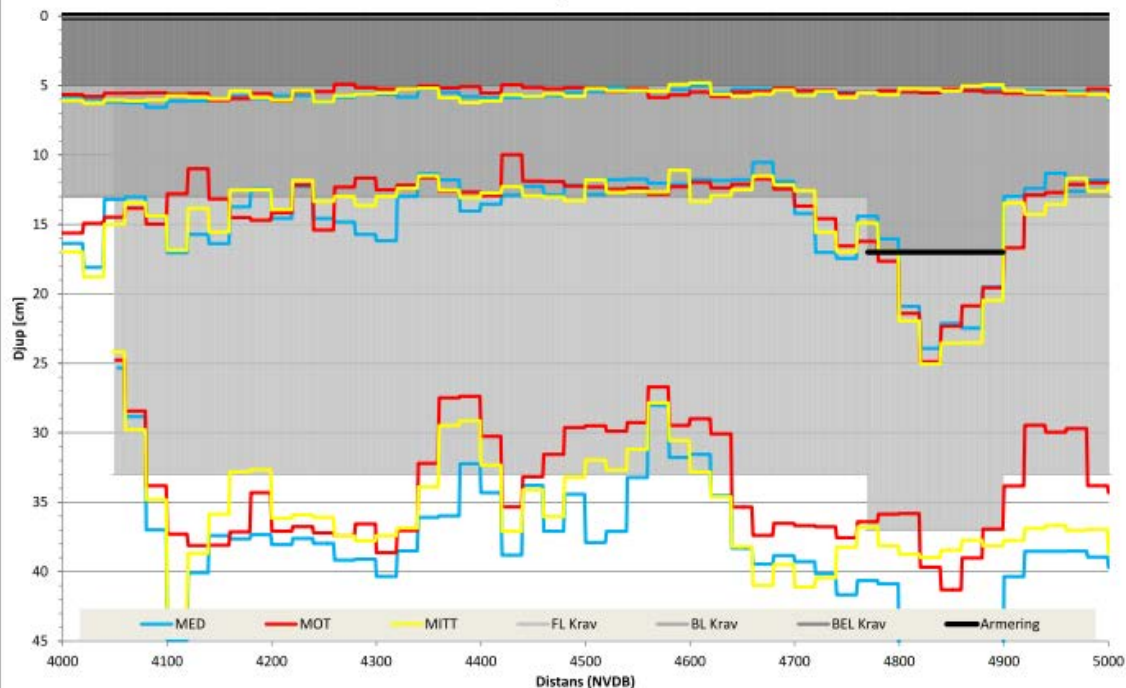
TDOK 2014:0150

Utförandekontroll med georadar

BD519_LANSGRANS



BD519 Länsgränsen - Bäckås



RAMBOLL

TDOK 2014:0150

Utförandekontroll med georadar

- Huvudsyftet med all utförandekontroll är att ge beställaren en möjlighet att säkerställa att man får det man beställt
- Traditionellt har kontrollen gjorts genom egenkontroll (stickprov) och tredjepart på färdig yta
- Men hur ser det ut under ytan?
-> GEORADAR

FÖRDELAR

Kontinuerlig
Kontaktlös, icke förstörande
Hög måthastighet



TDOK 2014:0150

Utförandekontroll med georadar

- Metoden testades fram i Region Norr och Mitt under två år
- Nationellt ramavtal 2015-2017 (2019)
- Totalt har ett femtiotal objekt kontrollerats
- Vissa utmaningar under de första åren
 - Entreprenader över flera år
 - Förtroende för metoden
- Huvudmålet med kontrollen är att kunna göra den generella bedömningen om beställaren fått rätt produkt, inte att döma ut viten för enskilda underkända värden
- Styrd provtagning

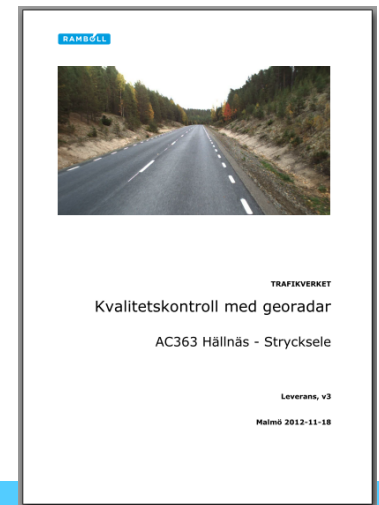
TDOK 2014:0150

Utförandekontroll med georadar

- Mätning i tre linjer, 2 x höger hjulspår och vägmitt
- Beställning enligt mätpaket I-III

Mätpaket I – Tjocklek på bundna lager
 Mätpaket II – Tjocklekar på vägkonstruktion
 Mätpaket III – Tjocklekar på hela konstruktionen
Mättillägg A – Permittivitet/Hållrumshalt
 Mättillägg B – Enskilda lager
 Mättillägg C – Stålarmering
 Mättillägg D – Vägtrummor

- Medelvärde över 10 meter



Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)										Negativitet - 1.1 (Antal BL - 1278)									
Antal underbärda										Antal underbärda										Antal underbärda									
Antal godkända										Antal godkända										Antal godkända									
Procent underbärda										Procent underbärda										Procent underbärda									
Procent godkända										Procent godkända										Procent godkända									
Negativitet - 1.1																													

Hålrums halt / Densitetmätning med GPR

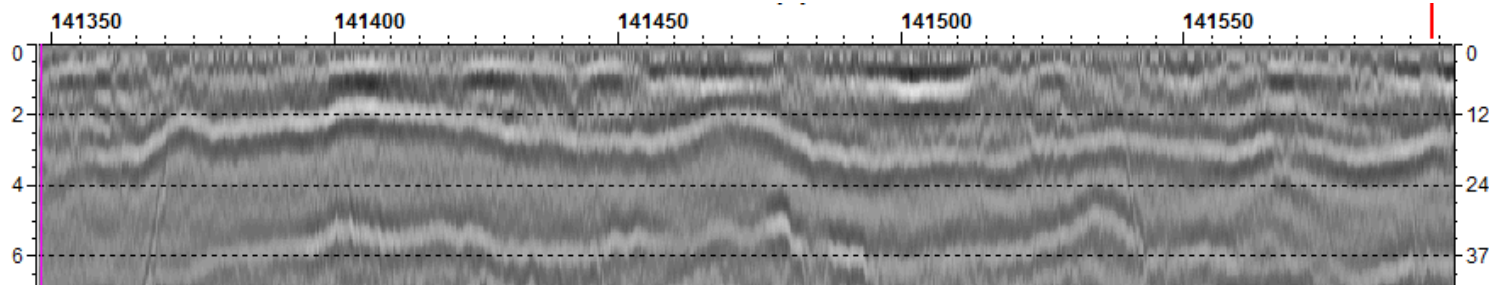
Mätning och utvärdering i TDOK 2014:0150

- Mätning inom 3 veckor från trafikpåsläpp (undvika efterpackning)
- Helt torr vägbana
- Kalibrerad GPR med antenn av horn-typ (ej markkopplad antenn)
- Två asfaltprover (TRVMB 703), hålrums halt enligt SS-EN 12697-8

Från mätningen extraheras information om vägytans (översta få cm) permittivitet (dielektrisk konstant). Med hjälp av en framräknad kalibreringskonstant K kan hålrums halten beräknas.

$$K_{(i)} = \frac{\ln 272.93 - \ln H_{(i)}}{1.3012 \cdot X_{(i)}} \quad (6), \text{ där } \begin{cases} H_{(i)} = \text{Hålrums halt, referensprov} \\ X_{(i)} = \text{Permittivitet i referenspunkt} \end{cases}$$

$$Y_{(x)} = 272.93 \cdot e^{-1.3012 \cdot K \cdot \varepsilon_x} \quad (7), \text{ där } \begin{cases} \overline{K} = \text{Kalibreringskonstant enligt (6)} \\ \overline{\varepsilon_x} = \text{Permittivitet, värde per meter enligt (5)} \end{cases}$$

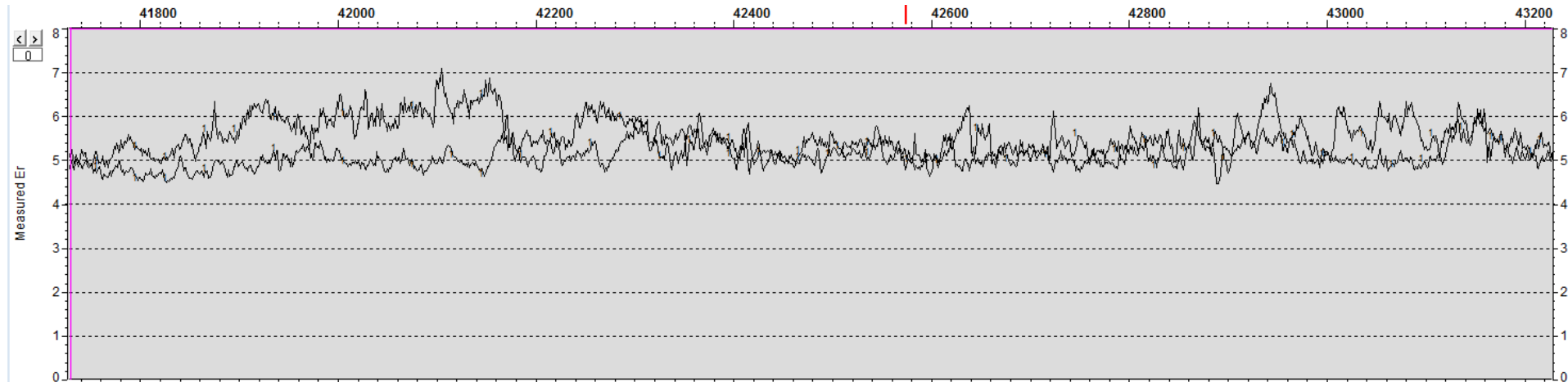


Hålrums halt / Densitetmätning med GPR

Erfarenheter visar att:

Repeterbarheten i korrekt utförda mätningar med avseende på extraherad permittivitet är mycket hög.

Mycket god metod för att studera variationer längs en sträcka.



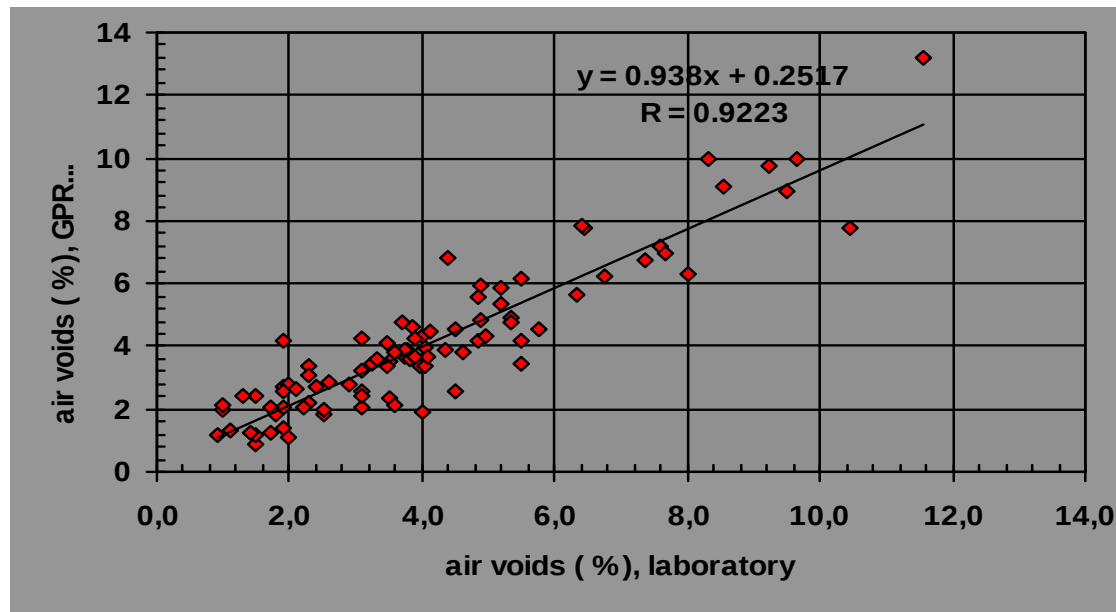
Hålrums halt / Densitetmätning med GPR

Erfarenheter visar att:

Viss känslighet i metoden vid beräkning av den absoluta hålrums halten, främst beroende på osäkerhet hos kalibreringskonstanten.

I Finland är hålrums haltsmätning med GPR ett standardförfarande (PANK). Erfarenheter visar på samstämmighet i nivå med forskningsresultat

Korrelation $R=0.9$



Exempel på projekt

- Projekteringsunderlag i vägplan och UE
- Indata till FFU i TE
- Utförandekontroller
- Skadeutredningar
- 3D-GPR på frammarsch
 - Bromätningar
 - Mätning av tjälblock
 - Arkeologiska undersökningar



TACK!

