Jämförande tester mellan olika GPR system

Teoretiska och praktiska skillnader mellan att mäta homogenitet i asfalt med textur och GPR



Martin Wiström, Ramboll RST

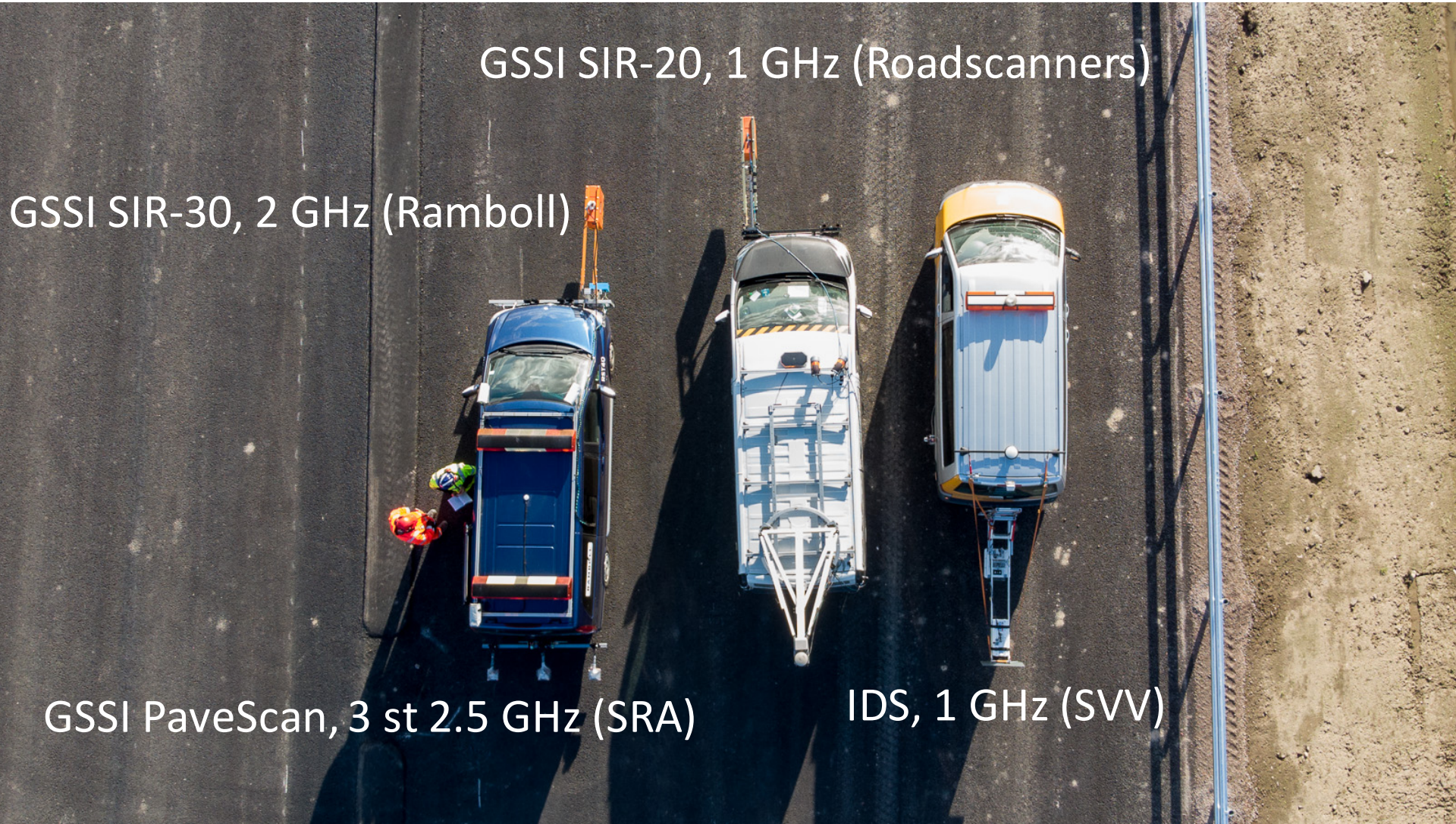
Syfte och översikt

Jämförande tester mellan PaveScan och andra luftkopplade bilmonterade georadarsystem



Add-on: Kombinera textur data (MPD) med GPR

Testade system



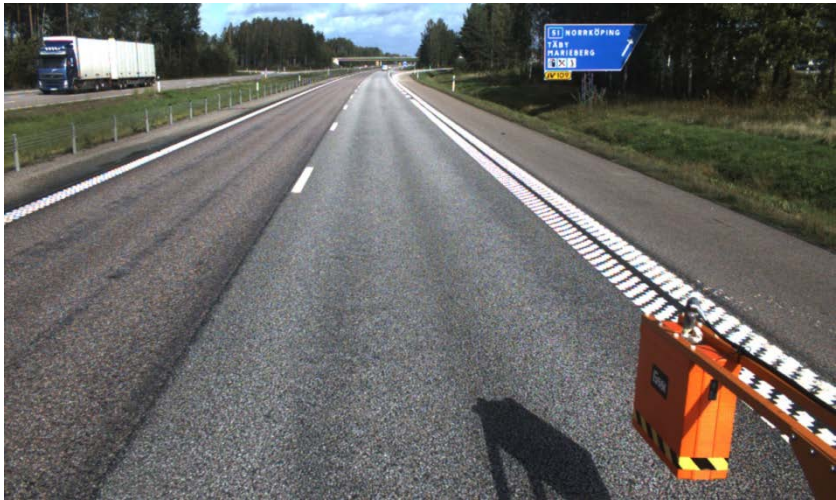
Teststräckor

- Utvalda av TRV, en med ny asfalt och en som varit utsatt för trafikering

- E20 Hova
  - Nylagd yta som inte trafikerats (tyvärr med en del smuts)
  - 2 sektioner, 573 m långa
  - 3 mätningar i resp riktning
    Höger/vänster hjulspår + mittlinje
  - 9 statiska mätningar + borrkärnor

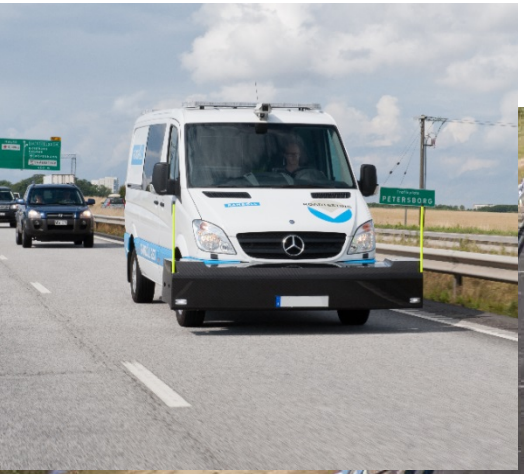


- E20 Örebro
  - Motorväg som trafikerats i ett år
  - 2 sektioner, 10 474 m och 11 177 m
  - 1 drag i varje riktning, höger hjulsp.
  - 9 statiska mätningar + borrkärnor



- Dåliga väderförutsättningar, kraftigt regn dagarna innan testerna

Deltagande system

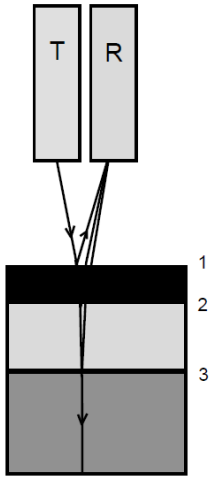


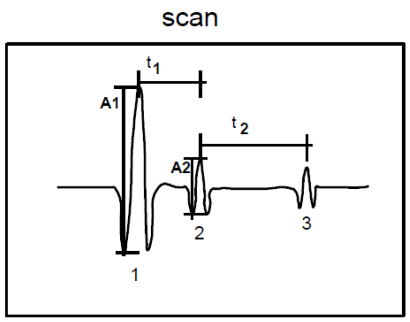
Laser data från 2017 och 2018 på E20 Örebro

Laser data insamlad simultant med GPR, längsprofil

GPR Teori (den kort korta versionen)

Horn Antenna Pair





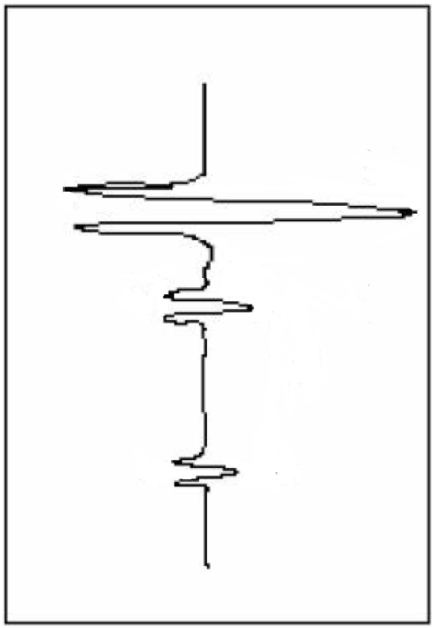
t_1 = travel time in pavement

t_2 = travel time in base

A1 = amplitude of reflection from asphalt

A2 = amplitude of reflection from base





$$\sqrt{\varepsilon} = \frac{1 + \frac{A_0}{A_m}}{1 - \frac{A_0}{A_m}}$$

$$h = \frac{\tau \cdot c}{2 \cdot \sqrt{\varepsilon_r}}$$

c	=	the speed of light in vacuum (0.3 m/ns)
τ	=	the pulse length (ns)
ε_r	=	medium's relative dielectricity

"Den vertikala upplösningen kan generaliseras till halva våglängden hos georadarpulsen, vilket i sin tur beror på den relativa permittiviteten hos materialet"

Sources: MaraNord Guidelines, TDOK 2014:0150, T Saarenketo

E20 Hova

- E20 Hova
  - Nylagd yta som inte trafikerats
    (tyvärr med en del smuts)
  - 2 sektioner, 573 m långa
  - 3 mätningar i resp riktning
    Höger/vänster hjulspår + mittlinje
  - 9 statiska mätningar + borrkärnor

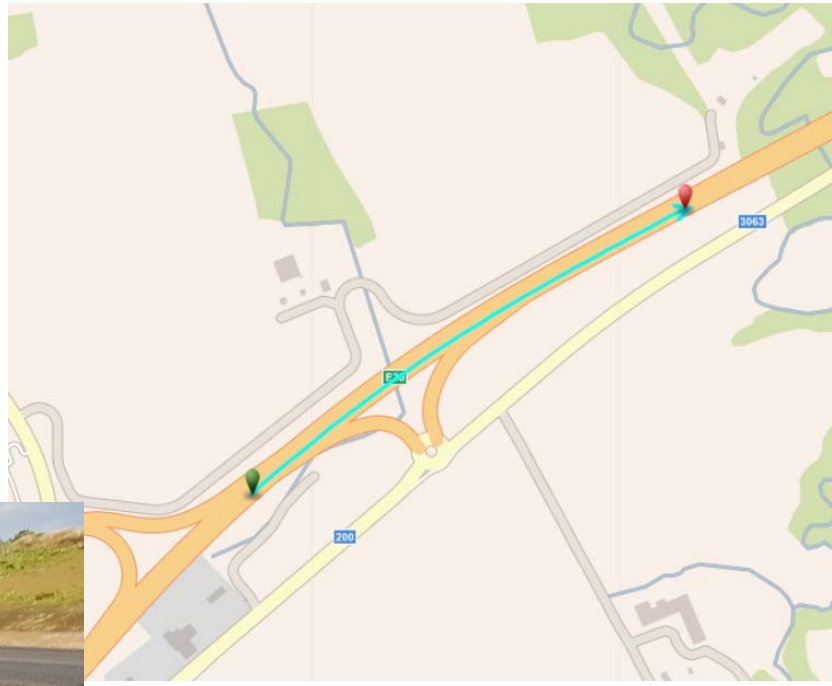


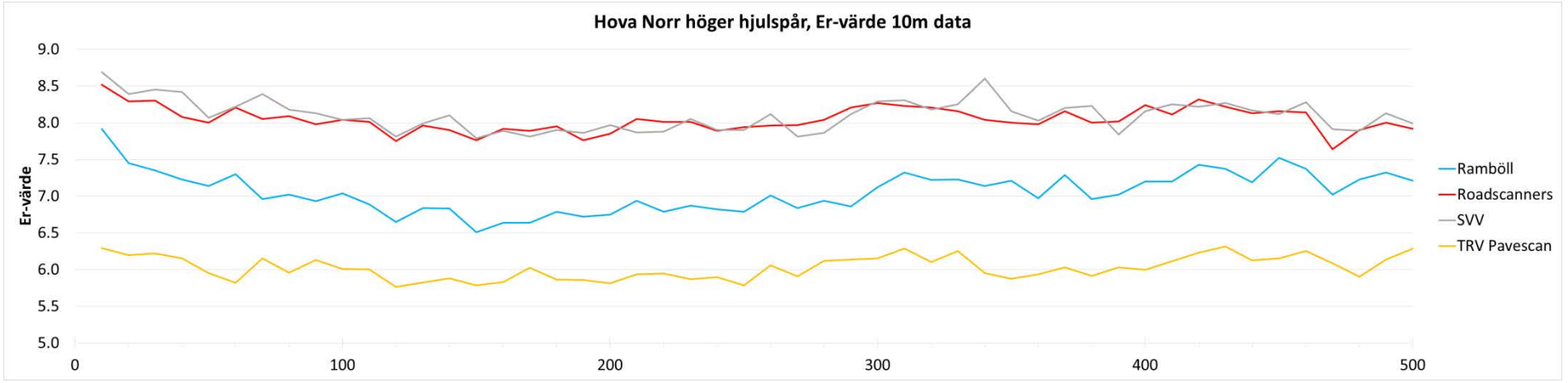


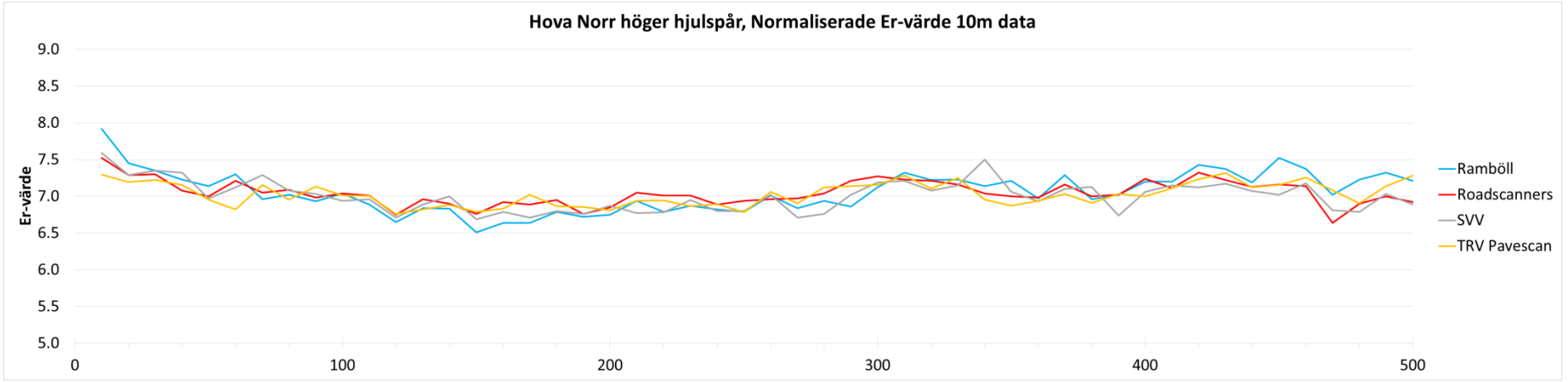
ABb22

Lagd två veckor innan

E20 Hova

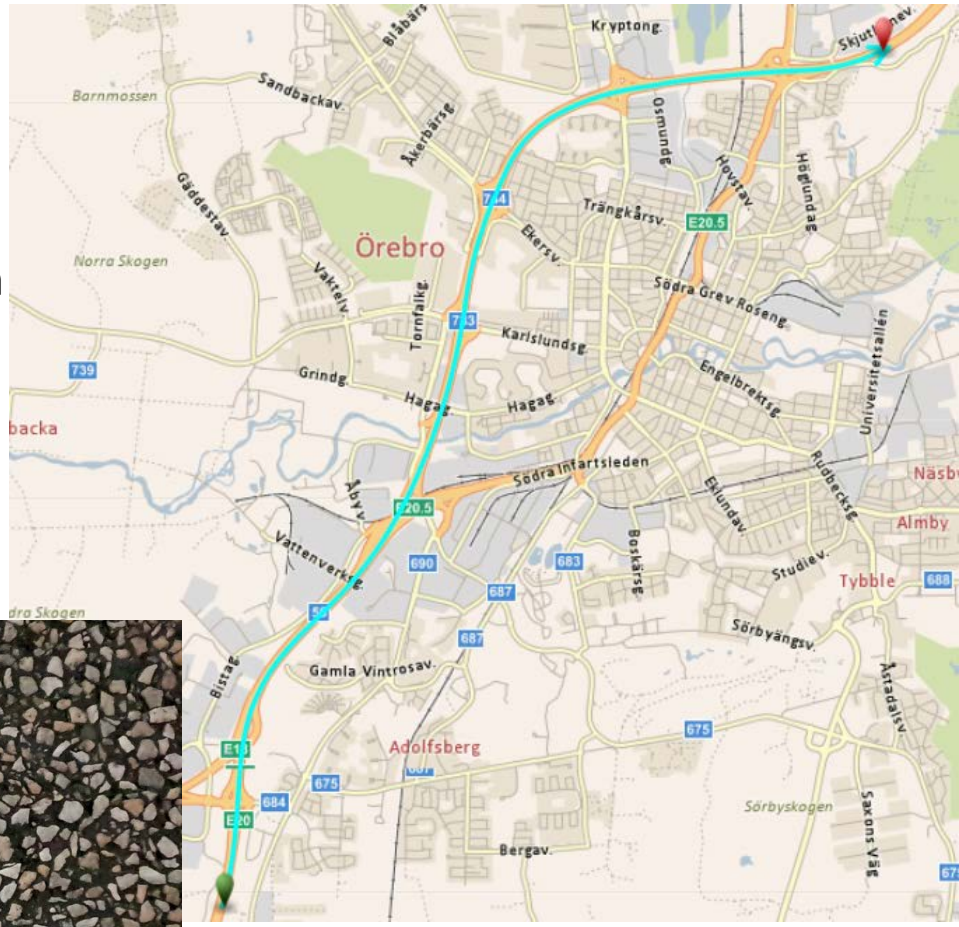
- Skillnad i mätta E_r-värden mellan systemen, troligtvis beroende på skillnader i antennfrekvens, signalprocessering och influensdjup
- Normaliserade E_r-värden har en bra träffbild

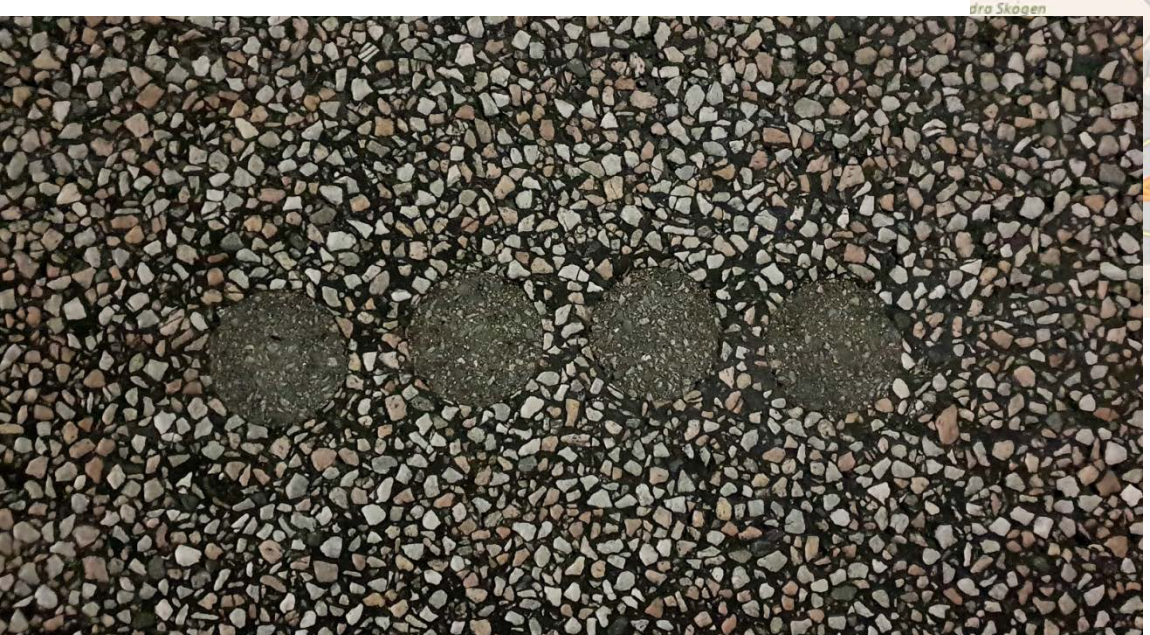




E20 Örebro

- E20 Örebro
  - Motorväg som trafikerats i ett år
  - 2 sektioner, 10 474 m och 11 177 m
  - 1 drag i varje riktning, höger hjulsp.
  - 9 statiska mätningar + borrkärnor



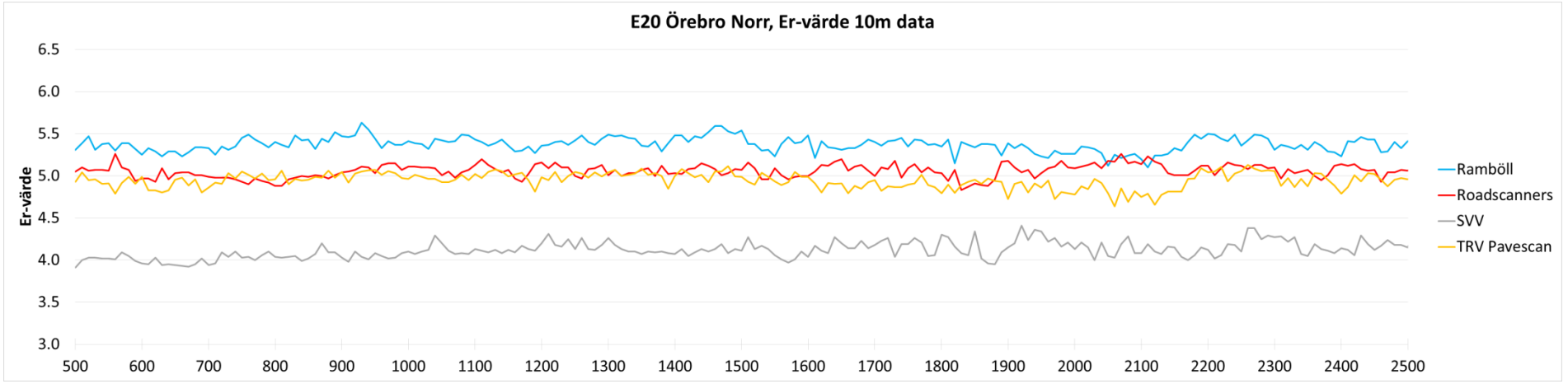


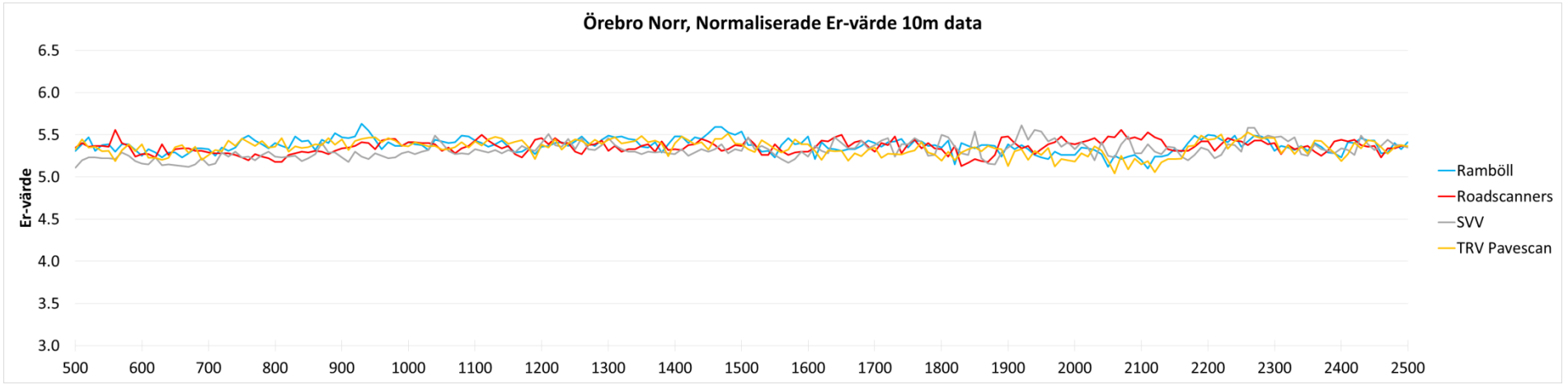
ABS16

lagd juni/juli 2017

E20 Örebro

- Homogent objekt
- Skillnad i mätta E_r-värden mellan systemen, troligtvis beroende på skillnader i antennbeskrivning, signalprocessering och influensdjup
- Normaliserade E_r-värden har en bra träffbild





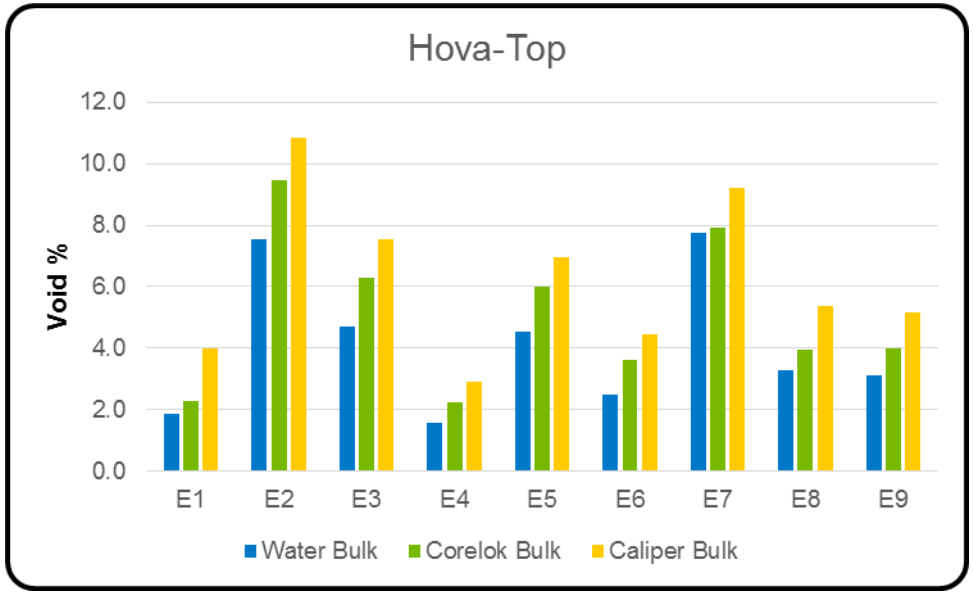
E20 Örebro



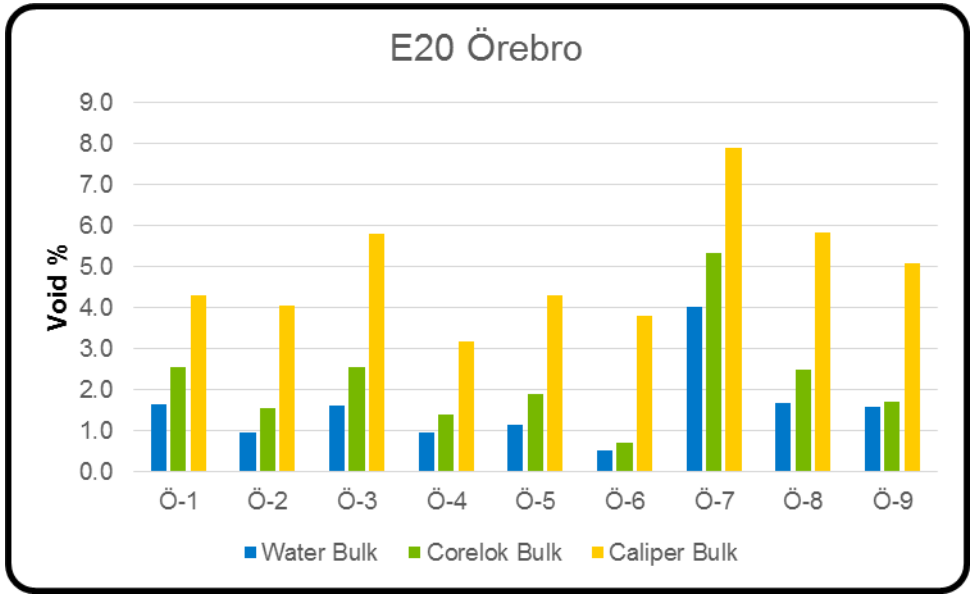




	lastrada nr:	Märkning	Thickness [mm]	Water Bulk	Void %	Corelok Bulk	Void %	Caliper Bulk	Void %	Compact
Top	11A180865	E1	65	*2.641*	*1.9*	*2.630*	*2.3*	*2.584*	*4.0*	2.691
	11A180866	E2	76	*2.515*	*7.5*	*2.463*	*9.4*	*2.425*	*10.8*	2.720
	11A180867	E3	75	*2.563*	*4.7*	*2.520*	*6.3*	*2.486*	*7.5*	2.689
	11A180868	E4	69	*2.627*	*1.6*	*2.609*	*2.2*	*2.591*	*2.9*	2.669
	11A180869	E5	68	*2.587*	*4.5*	*2.548*	*6.0*	*2.522*	*6.9*	2.710
	11A180870	E6	68	*2.611*	*2.5*	*2.581*	*3.6*	*2.559*	*4.4*	2.678
	11A180871	E7	69	*2.511*	*7.8*	*2.506*	*7.9*	*2.471*	*9.2*	2.722
	11A180872	E8	59	*2.596*	*3.3*	*2.578*	*3.9*	*2.540*	*5.4*	2.684
	11A180873	E9	65	*2.609*	*3.1*	*2.585*	*4.0*	*2.554*	*5.2*	2.693



	lastrada nr:	Märkning	Thickness [mm]	Water Bulk	Void %	Corelok Bulk	Void %	Caliper Bulk	Void %	Compact
Top	11A180912	Ö-1	36	2.379	1.7	2.357	2.6	2.315	4.3	2.419
	11A180913	Ö-2	31	2.397	1.0	2.382	1.6	2.322	4.0	2.420
	11A180914	Ö-3	37	2.395	1.6	2.372	2.5	2.293	5.8	2.434
	11A180915	Ö-4	37	2.403	0.9	2.392	1.4	2.349	3.2	2.426
	11A180916	Ö-5	39	2.387	1.2	2.369	1.9	2.311	4.3	2.415
	11A180917	Ö-6	37	2.401	0.5	2.397	0.7	2.322	3.8	2.414
	11A180918	Ö-7	39	2.346	4.0	2.314	5.3	2.251	7.9	2.444
	11A180919	Ö-8	32	2.383	1.7	2.364	2.5	2.283	5.8	2.424
	11A180920	Ö-9	34	2.378	1.6	2.375	1.7	2.293	5.1	2.416



Summering



- The tests visar att den grundläggande teorin stämmer, GPR GPR
- Viktigt att beskriva begränsningar och effekter
  - Olika systems centralfrekvens påverkar nivåerna men inte nödvändigtvis resultatet
  - Påverkan av olika interferensdjup
- Viktigt att skilja på om mätningen utförs som styrnings- och kontrollverktyg i produktionsfasen eller om det används för mätning på färdig väg

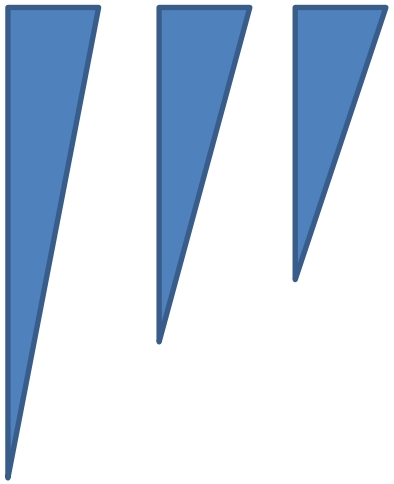
Inverkan av frekvensband

"Den vertikala upplösningen kan generaliseras till halva våglängden hos georadarpulsen, vilket i sin tur beror på den relativa permittiviteten hos materialet
OCH systemets centralfrekvens och frekvensband"

$$h = \frac{\tau \cdot c}{2 \cdot \sqrt{\varepsilon_r}}$$

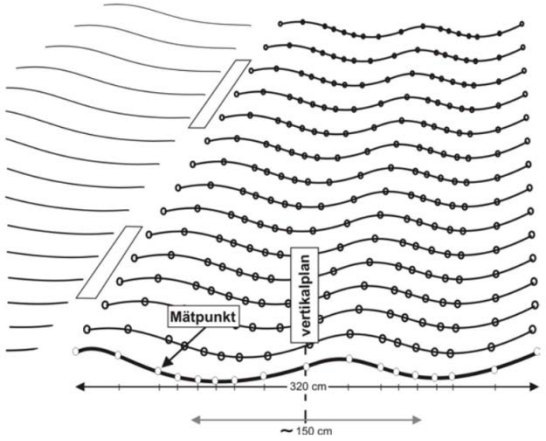
c	=	the speed of light in vacuum (0.3 m/ns)
τ	=	the pulse length (ns)
ε_r	=	medium's relative dielectricity

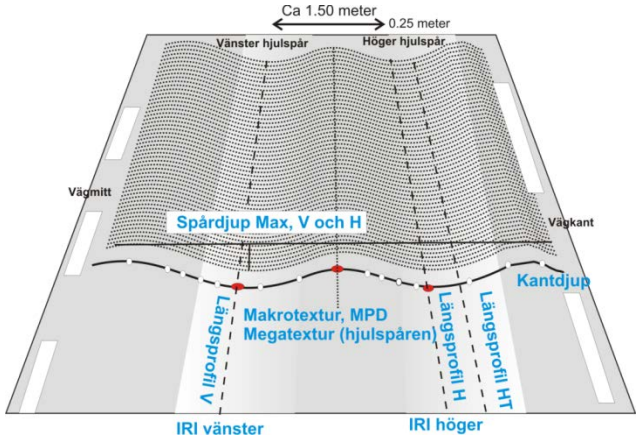


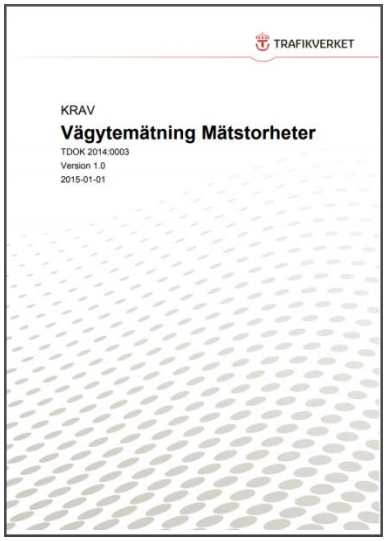


Homogenitet beräknad från en lasermätt längsprofil





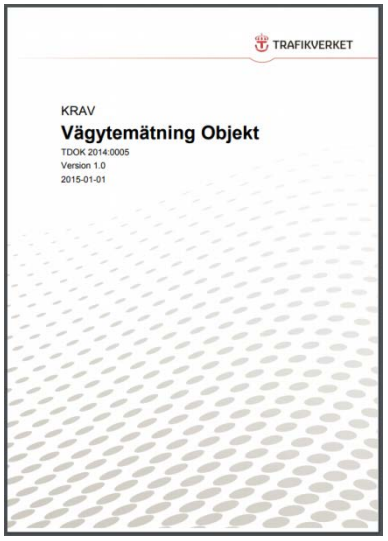



TRAFIKVERKET

KRAV

Vägytemätning Mätstorheter

TDOK 2014:0003
Version 1.0
2015-01-01


TRAFIKVERKET

KRAV

Vägytemätning Objekt

TDOK 2014:0005
Version 1.0
2015-01-01


TRAFIKVERKET

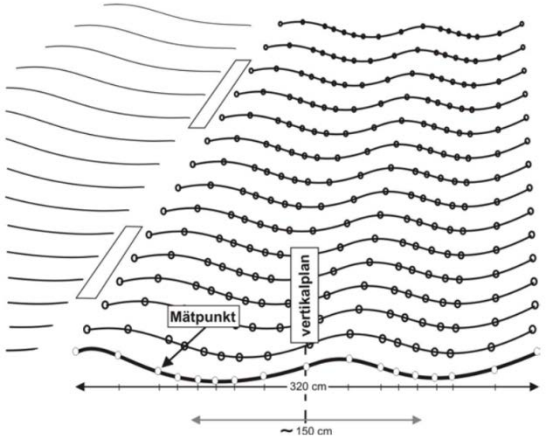
KRAV

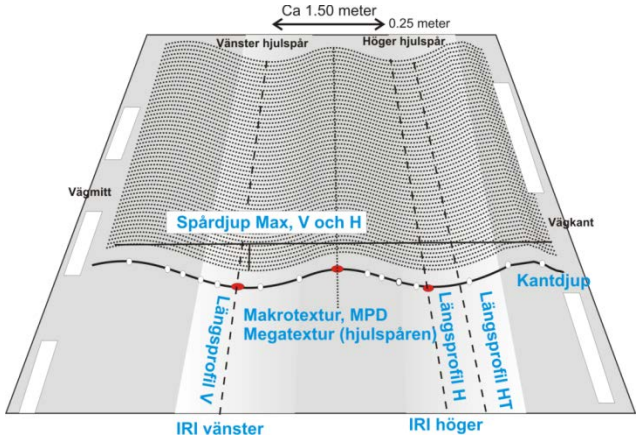
Kontroll av nya beläggningars makrotextur med mätbil

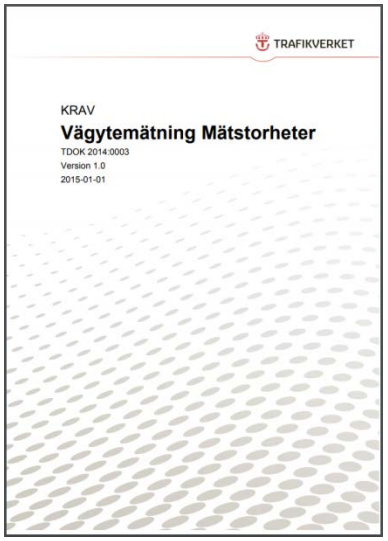
TDOK 2016:0271
Version 1.0
2017-04-01

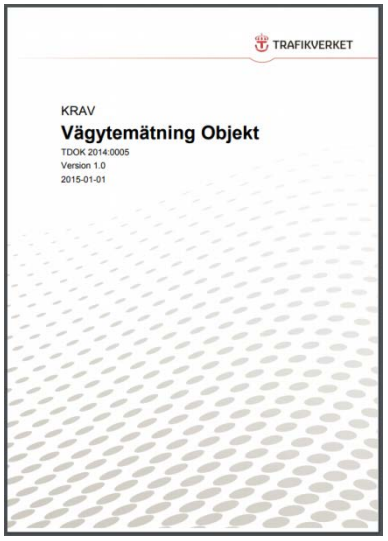
Homogenitet beräknad från en lasermätt längsprofil













Bilder: VTI, TRV

MPD – Mean Profile Depth

Data filtrerad för våglängder mellan 0.5-50 mm och bearbetad enligt ISO 13473-1

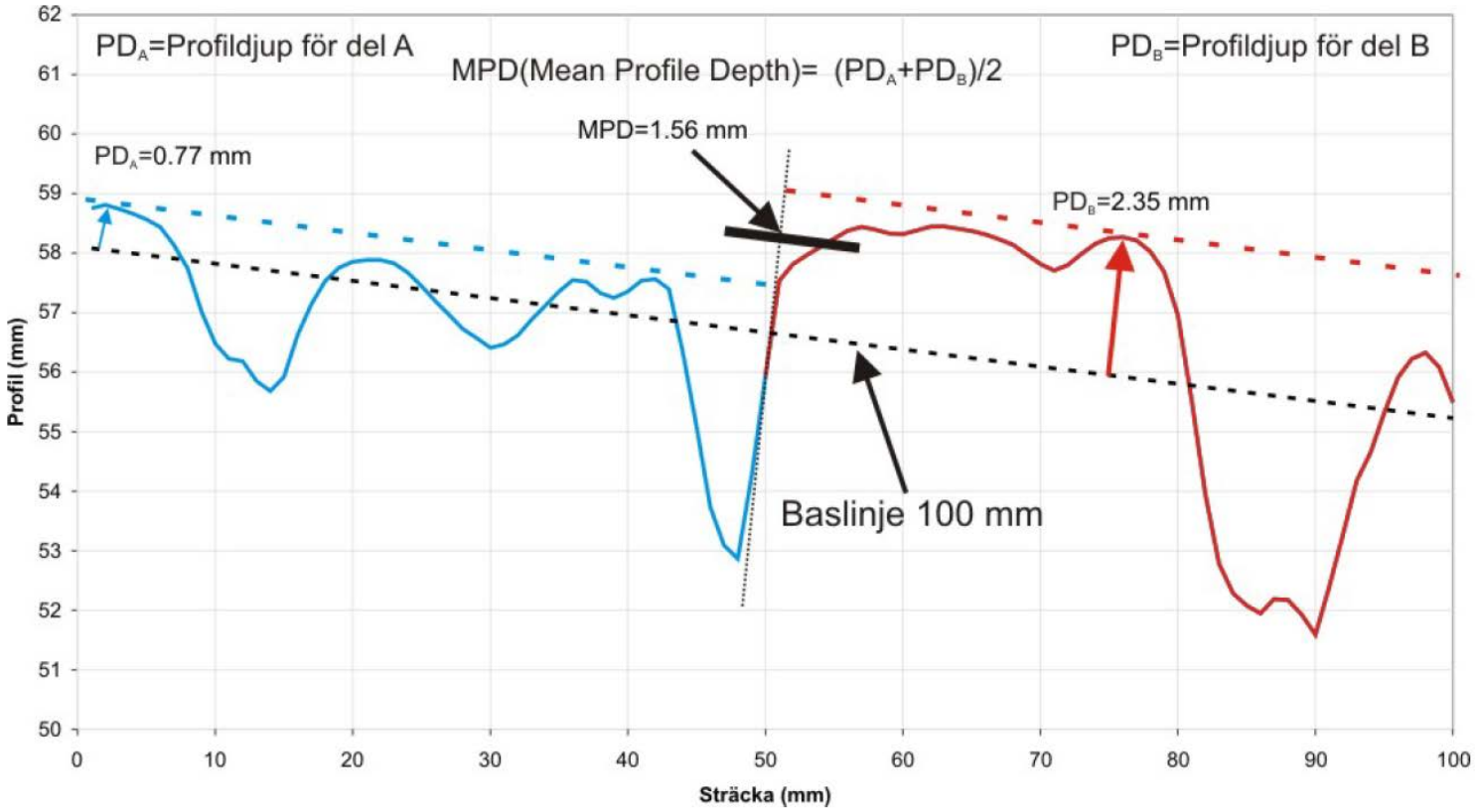
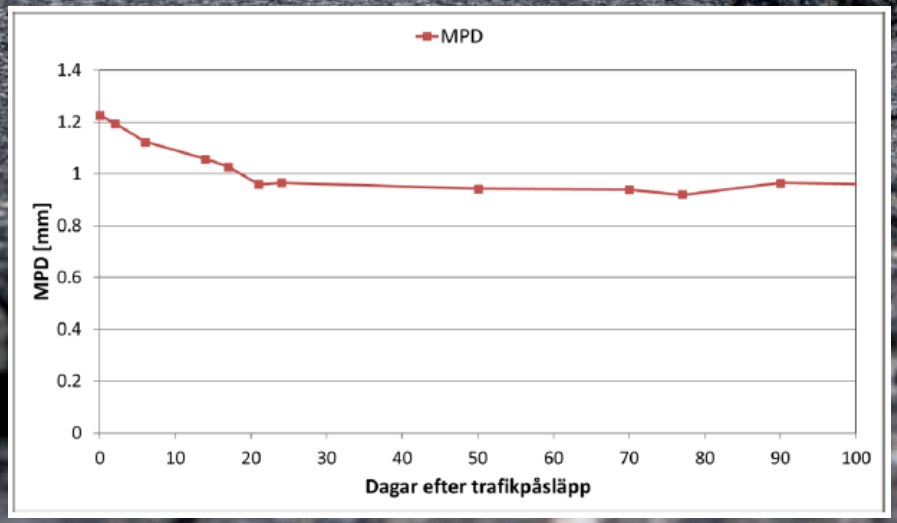
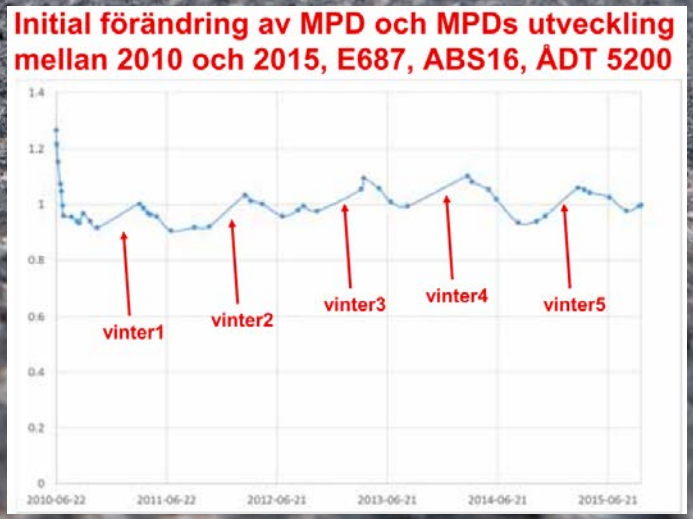


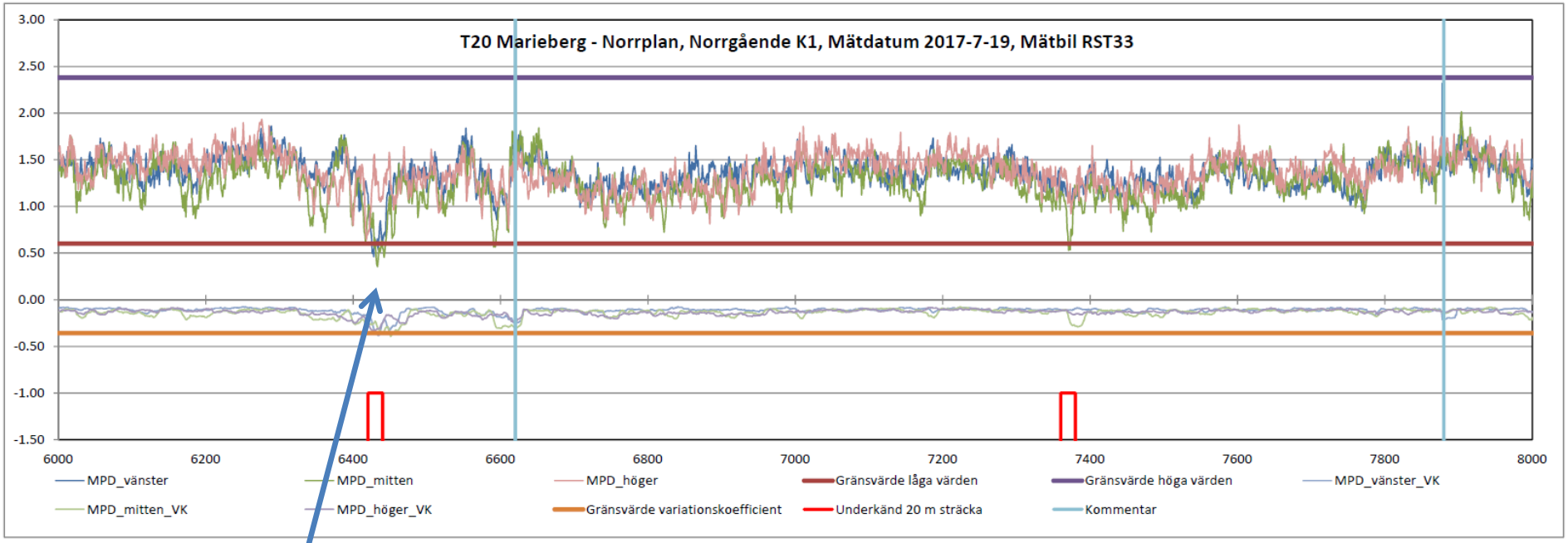
Bild: VTI

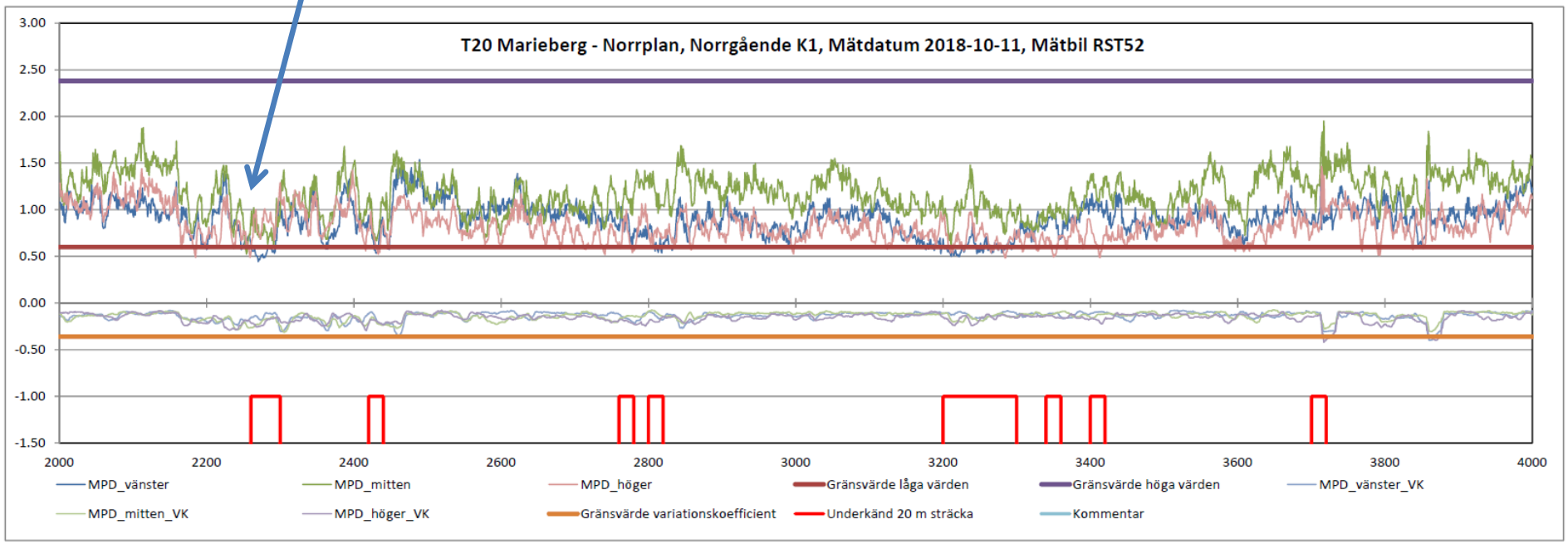
MPD – Mean Profile Depth

Beläggningstyp	Normal-värde	Gräns-värde lågt ≤ 80 km/h	Gräns-värde lågt ≥ 90 km/h	Obser-vations-nivå höga värden	Gräns-värde högt	Gräns-värde homo-genitet
	MPD [mm]	MPD [mm] ≥	MPD [mm] ≥	MPD [mm] ≤	MPD [mm] ≤	Var.koef. [%] ≤
ABT11	0,72	0,45	0,45	1,22	1,45	22
ABT16	0,78	0,45	0,45	1,31	1,56	23
ABS11, TSK11	0,98	0,45	0,49	1,66	1,97	30
ABS16, TSK16	1,19	0,55	0,60	2,00	2,38	36
MJOG11	0,79	0,45	0,45	1,33	1,58	24
MJOG16	0,86	0,45	0,45	1,45	1,72	26






T20 Marieberg - Norrplan, Norrgående K1, Mätdatum 2017-7-19, Mätbil RST33
3.00
2.50
2.00
1.50
1.00
0.50
0.00
-0.50
-1.00
-1.50
6000
6200
6400
6600
6800
7000
7200
7400
7600
7800
8000
MPD_vänster
MPD_mitten
MPD_höger
Gränsvärde låga värden
Gränsvärde höga värden
MPD_vänster_VK
MPD_mitten_VK
MPD_höger_VK
Gränsvärde variationskoefficient
Underkänd 20 m sträcka
Kommentar


T20 Marieberg - Norrplan, Norrgående K1, Mätdatum 2018-10-11, Mätbil RST52
3.00
2.50
2.00
1.50
1.00
0.50
0.00
-0.50
-1.00
-1.50
2000
2200
2400
2600
2800
3000
3200
3400
3600
3800
4000
MPD_vänster
MPD_mitten
MPD_höger
Gränsvärde låga värden
Gränsvärde höga värden
MPD_vänster_VK
MPD_mitten_VK
MPD_höger_VK
Gränsvärde variationskoefficient
Underkänd 20 m sträcka
Kommentar

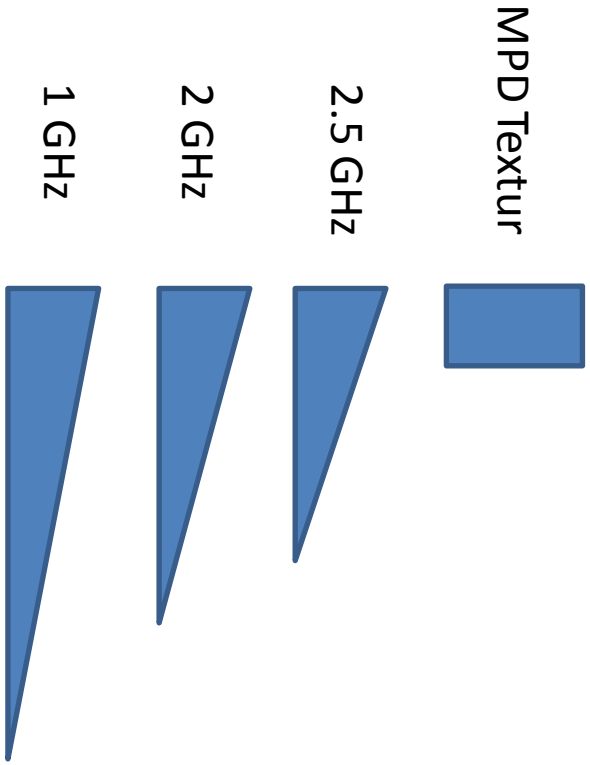
Inverkan av frekvensband

"Den vertikala upplösningen kan generaliseras till halva våglängden hos georadarpulsen, vilket i sin tur beror på den relativa permittiviteten hos materialet
OCH systemets centralfrekvens och frekvensband"

$$h = \frac{\tau \cdot c}{2 \cdot \sqrt{\varepsilon_r}}$$

c	=	the speed of light in vacuum (0.3 m/ns)
τ	=	the pulse length (ns)
ε_r	=	medium's relative dielectricity





Slutsatser



- Fortsatta tester behövs för att kartlägga och definiera begränsningar och möjligheter
- Texturmätningar (MPD) kan möjligtvis bidra med ytterligare information

- Som vanligt är det av största vikt att GPR-data samlas in och bearbetas på rätt sätt

- Vid fortsatta tester bör hänsyn tas till om metoden ska användas som kontroll och styrfunktion i produktionen eller om det är för slutkontroll på den färdiga vägen