

**Värdering av ytans homogenitet med georadar- och
texturmätning**

Metoddagen 2025-02-06, Solna

Thomas Lundberg, VTI

Bakgrund

- Det finns två metoder för kontroll av homogenitet på nylagd beläggning med oförstörande mätning
- TDOK 2016:0271 - Kontroll av nya beläggningars makrotextur med mätbil
- GPR-metoden nämns i TDOK:2014:0150 (Kapitel 4.2, Mättillägg A), men finns ej beskriven
- En stark önskan är att metoderna ska frikänna resp. underkänna samma sektioner eller kunna kombineras för att uppnå ett bättre resultat
- Ett projekt har startats av VTI och Ramboll

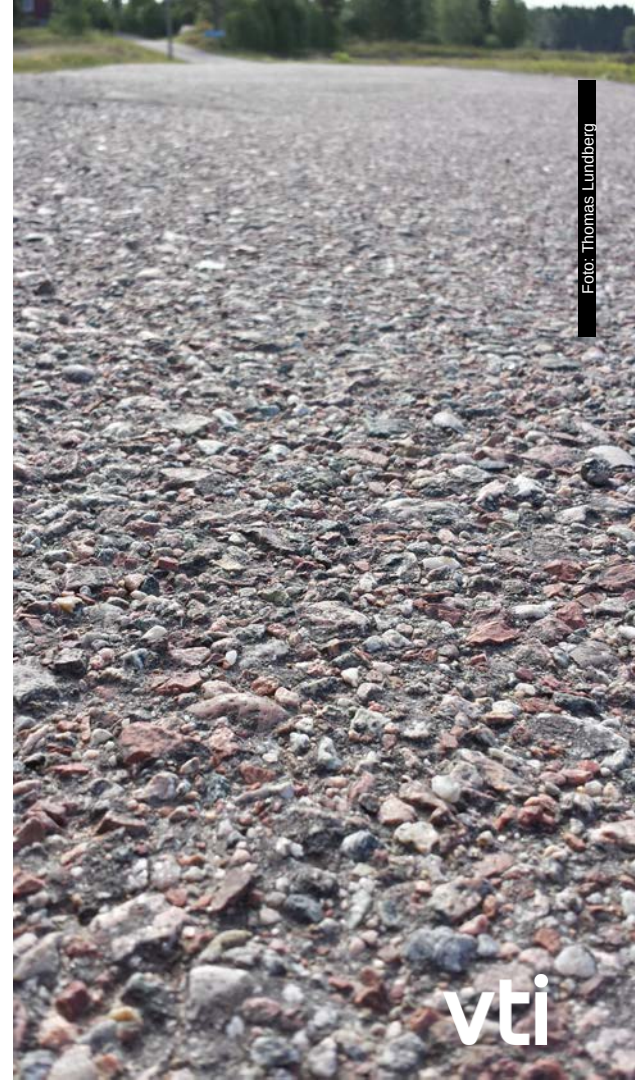


Foto: Thomas Lundberg

Projektinformation

- Projektet är finansierat av Trafikverket/KCV (Kompetenscentrum Vägteknik) samt genom egeninsats från Ramboll
- Projektstart hösten 2024, avslutas 2025
- Handläggare på Trafikverket, Johan Ullberg
- Leds av VTI, analys, utvärdering och rapportering
- Ramboll står för all mätning i projektet och georadarkunskap och deltar aktivt i rapporteringen
- Projektresultat sammanfattas i en VTI rapport med en bilaga tänkt som underlag för en TDOK som beskriver GPR-metoden.





Syfte med projektet

- En nylagd vägytas homogenitet kan kontrolleras med olika metoder, georadar och med vägytemätning
- Fångar metoderna samma defekter hos en nylagd vägyta?
- Kan metoderna kombineras, bör de modifieras?
- Hur fungerar metoderna på olika beläggningstyper?
- Hur ser den initiala förändringen av vägytans homogenitet ut med respektive metod?
- Vid vilken tidpunkt efter läggning ska mätning utföras?



Kontrollmetod GPR homogenitet

- mätning i tre laterala spår
- 1 m upplösning på indata till utvärderingsmetoden krävs
- Beräkna objektets medelvärde, per spår, vänster, mitt och höger
- Värden som avviker mer än $\pm 7.5\%$ från medelvärdena registreras (per spår)
- En avvikelse definieras som två på varandra följande värden utanför toleransen ($\pm 7.5\%$)
- Objektet underkänns (är ej homogent) om avvikelserna överstiger 10% av objektet per spår



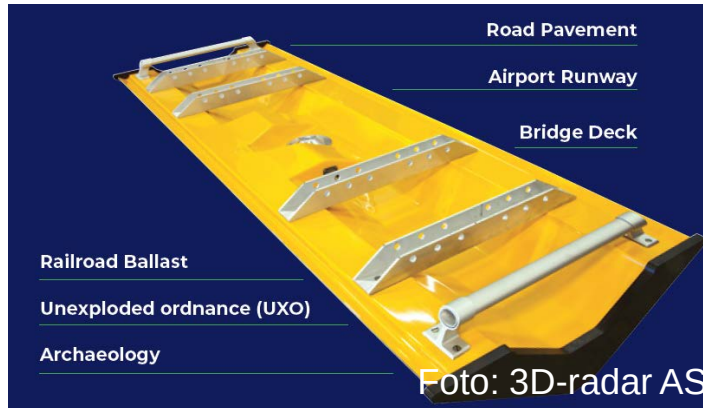
Kontrollmetod MPD, homogenitet

- 1 m upplösning på indata krävs
- TDOK 2016:0271, kontroll görs på 20m-nivå
- Variationskoefficienten avgör om 20m-sträckan är homogen. (standardavvikelse/medelvärde)
- Metoden har också gränsvärden för minsta/högst tillåtna MPD-nivå för aktuell beläggningstyp, detta används för att identifiera över- resp. underskott av bitumen – blanka fläckar och öppna ytor.
- Gränsvärden finns för olika beläggningstyper med tillhörande stenstorlek



Utrustning vid testerna

- 2D georadar –GSSI SIR30 med 3 st 2GHz hornantenner
- 3D georadar – Geoscope Mk IV med en DX2429 antenn, 2,4 m bred, 29 kanaler.
- Makrotextur – 3 st LIMAB RoadRun punktlaser, 32 khz



Utrustning

Ramboll, RST60

Utrustad med,

- 3 st 2D-GPR
- 3D-GPR
- 3 st texturlasrar
- Kamera/bildfångst
- Positionsbestämning/RTK/
GNSS



Mätning georadar

- Mätning sker i normal trafikrytm
- Georadar sänder elektromagnetiska pulser som reflekteras mot olika lager och föremål i beläggningen
- Olika frekvenser i de elektromagnetiska pulserna tränger olika djupt ner i beläggningen.
- De antenner/frekvenser vi använder är avsedda för att skanna övre delarna av beläggningen.
- Från georadarutrustningarna tar vi ut permittivitetstalet (ϵ_r), en tät yta ger hög permittivitet, en öppen yta ger låg permittivitet.
- Asfalt har permittivitetstal mellan 3,5 och 7,5.

Mätning makrotextur

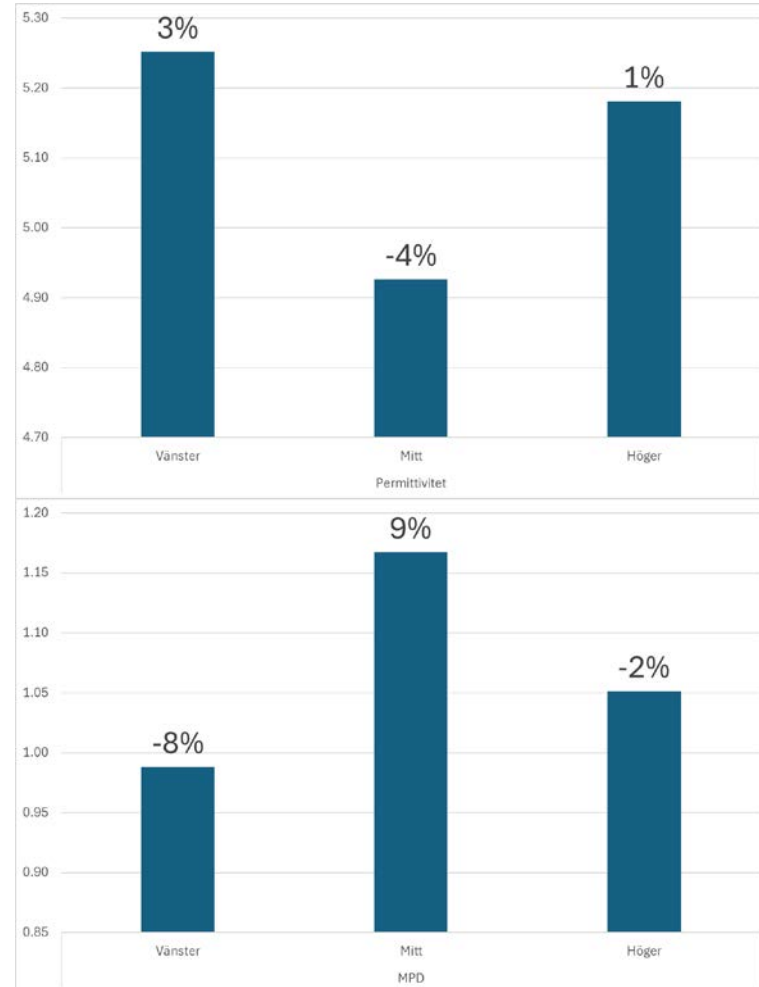
- Mätning sker i normal trafikrytm
- Makrotextur beräknas från mätning av vägytans struktur
- Makrotextur beskriver ojämnheter i våglängdsområdet 0,5 mm till 50 mm
- Normalt används måttet MPD (Mean Profile Depth) för att kvantifiera makrotexturen, ISO 13473-1:2019.
- Normala MPD-värden på asfaltsytor ligger mellan 0,5 mm och 2,0 mm
- Överskott av bitumen/tät beläggning ger låg MPD-nivå
- Öppna ytor/underskott av bitumen ger hög MPD-nivå
- MPD är omvänt proportionellt mot permittivitetstalet

Mätning

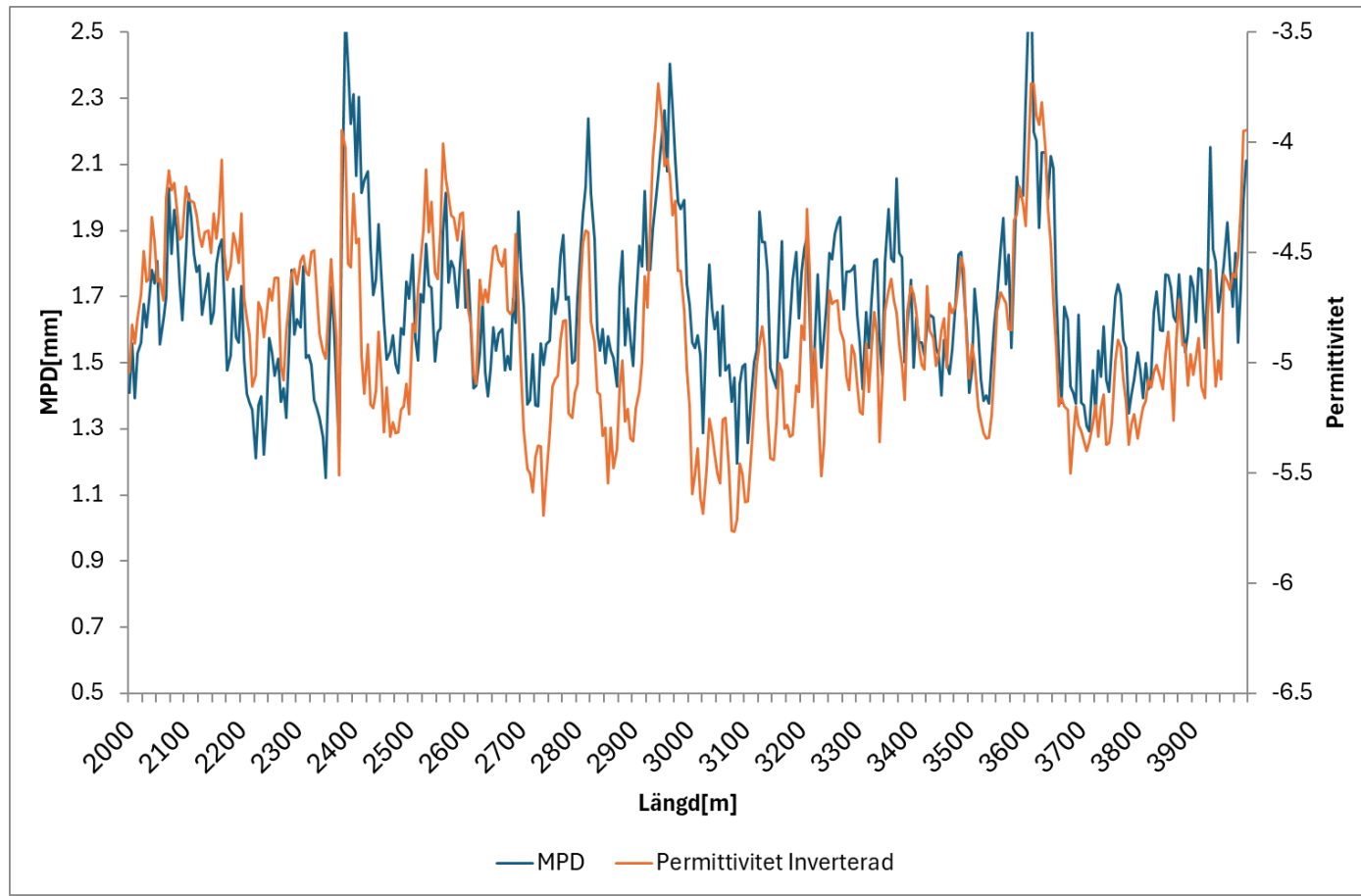
- Samtidig insamling av GPR och textur,
- Fördelar
 - minimera felkällor
 - samma förhållanden
 - samma sidoläge – samma fysiska plats på vägen skannas/mäts
- Mätobjekt,
- 5 sträckor ABS16
- 5 sträckor ABT16
- 2 sträckor TSK16
- 1 sträcka ABT22 PMB
- 1 sträcka ABT8 (vägren)

Permittivitet / MPD

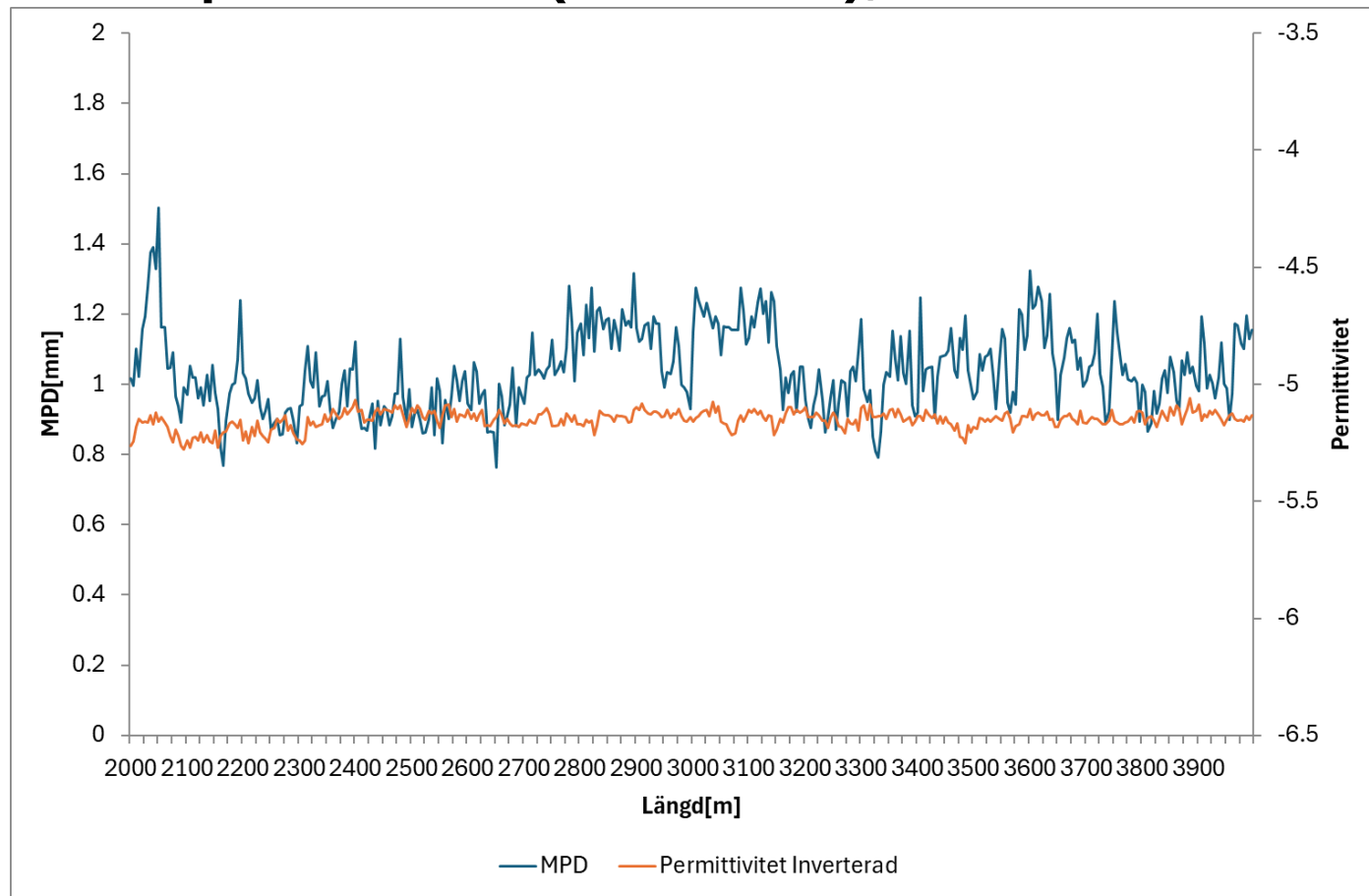
- Permittivitet, relativ skillnad per spår, mot medelvärdet för alla spår
- Mellan hjulspår, lägre permittivitet
- MPD, relativ skillnad per spår, mot medelvärdet för alla spår
- Mellan hjulspår, högre MPD
- Metoderna verkar fånga samma egenskaper på övergripande nivå
- MPD har större "dynamik" i resultatet



MPD mot permittivitet (inverterad), TSK16



MPD mot permittivitet (inverterad), ABT16





Sammanfattning, jämförelse MPD/GPR

- Överensstämmelsen är bäst på TSK $r \approx -0,7$
- Överensstämmelsen på ABS ligger på $r \approx -0,6$
- Överensstämmelsen är sämst på ABT, behöver utvärderas vidare
- Som utvärderingsmodellerna är konstruerade idag fångar de inte samma delar av vägen som inhomogen.
- Mätmetoderna är olika, GPR tränger ner en bit i beläggningen medan texturmätningen betraktar ytan ovanifrån.
- Finns studier som undersöker homogenitet i olika skikt i beläggningen? Är det skillnader i det avseendet på ABT och ABS/TSK?

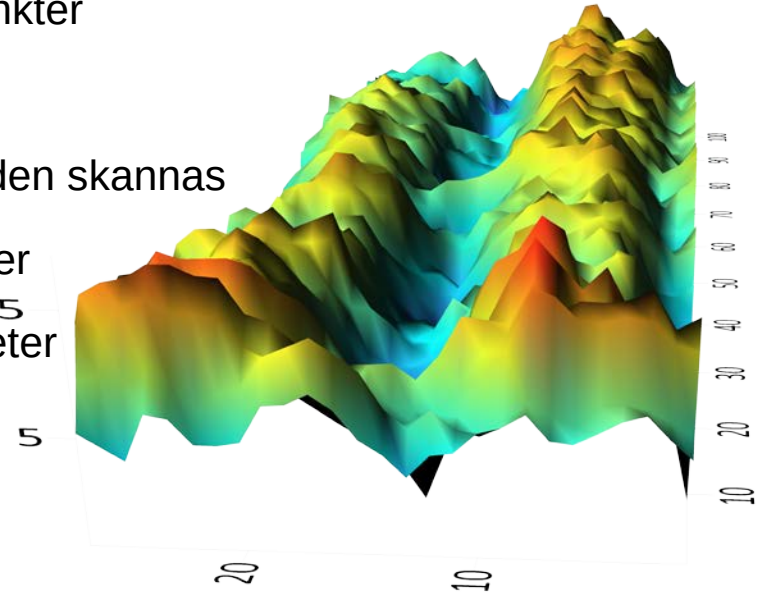
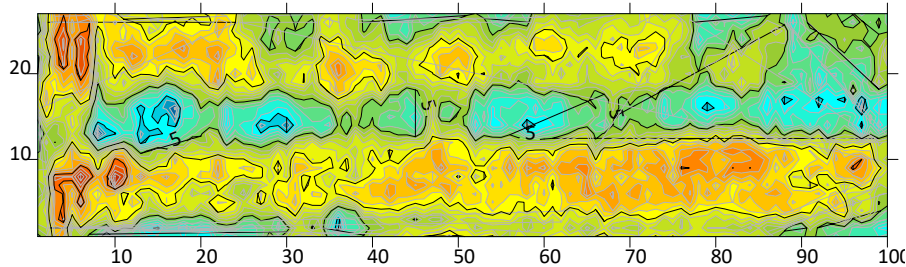


Sammanfattning kontrollmetoder

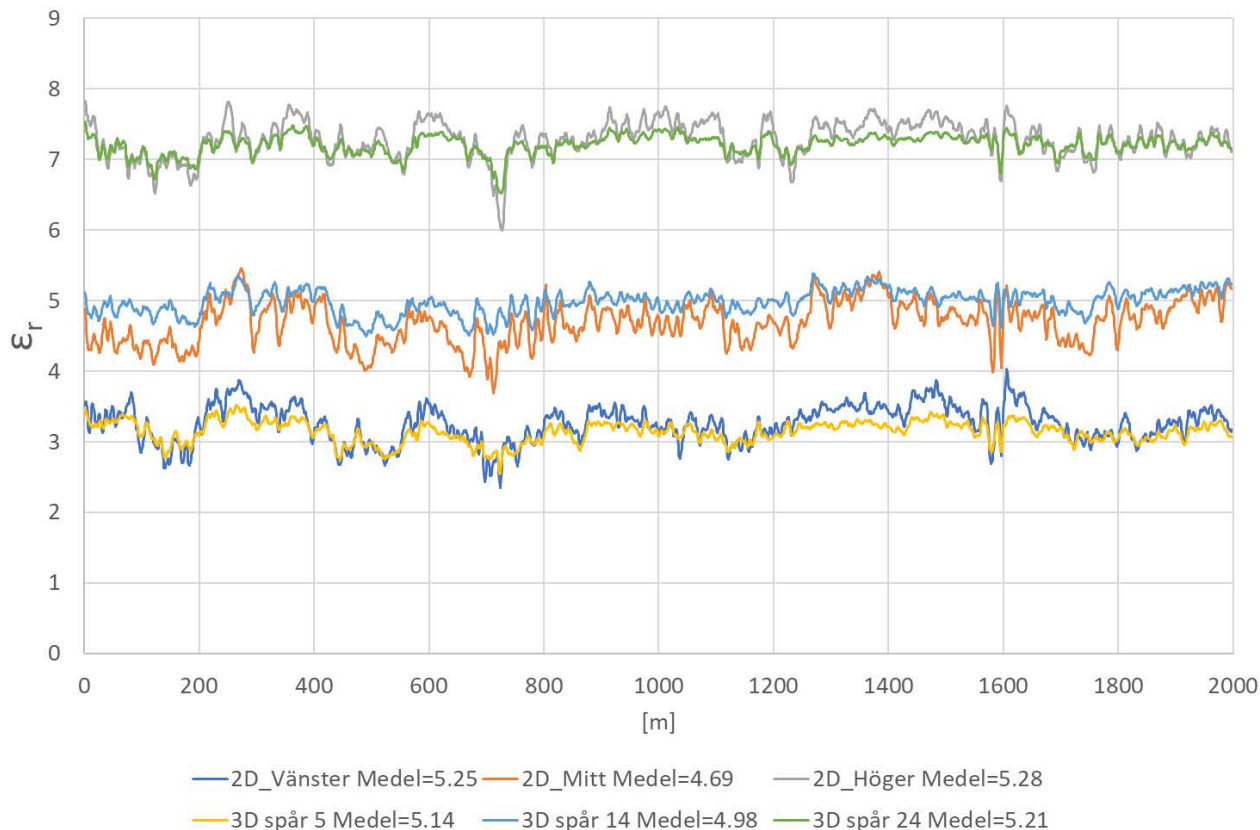
- Viss samstämmighet mellan utfallet av kontrollmetoderna
- GPR-metodens utvärderingsmodell ger större andel underkända värden
- Det krävs större defekter hos vägytan för att underkänna vägytan med texturmetoden
- Resultatet är såklart starkt beroende av gränsvärden i utvärderingsmodellerna

Mätning med 3D GPR

- Mätning av ca 2,1 m bred yta med 27 mätpunkter
- Mätning i trafikfart
- Alla lokala avvikelser detekteras – hela bredden skannas
- Möjlighet att detektera längsgående avvikelser
- Outforskat område, stora utvecklingsmöjligheter

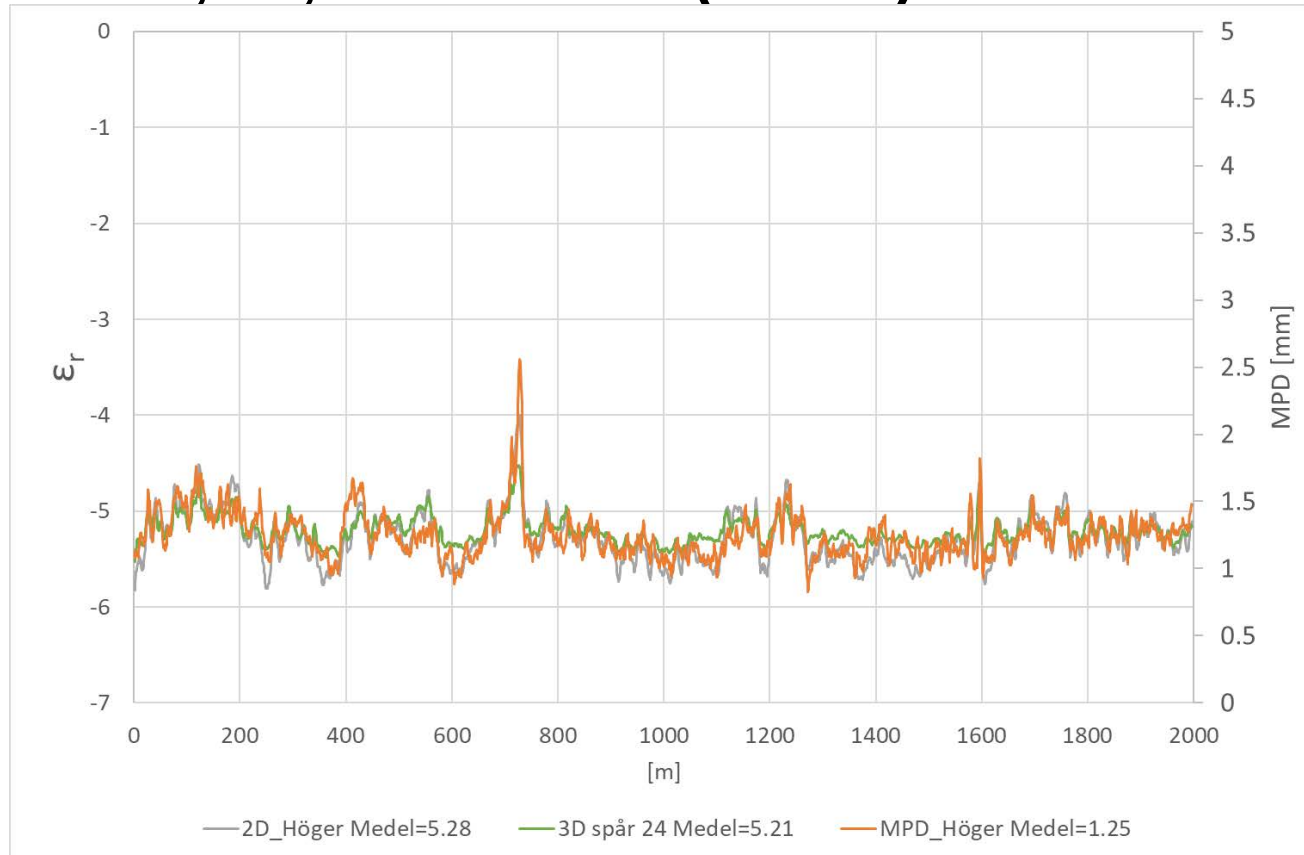


Jämförelse 2D och 3D GPR (TSK16)



- God överensstämmelse
- Korrelationskoefficient ca 0.90
- Lite större dynamik i 2D GPR
- Troligen behöver 3D-tekniken andra gränsvärden i utvärderingsmodellen för att få ett likvärdigt utfall som 2D-tekniken

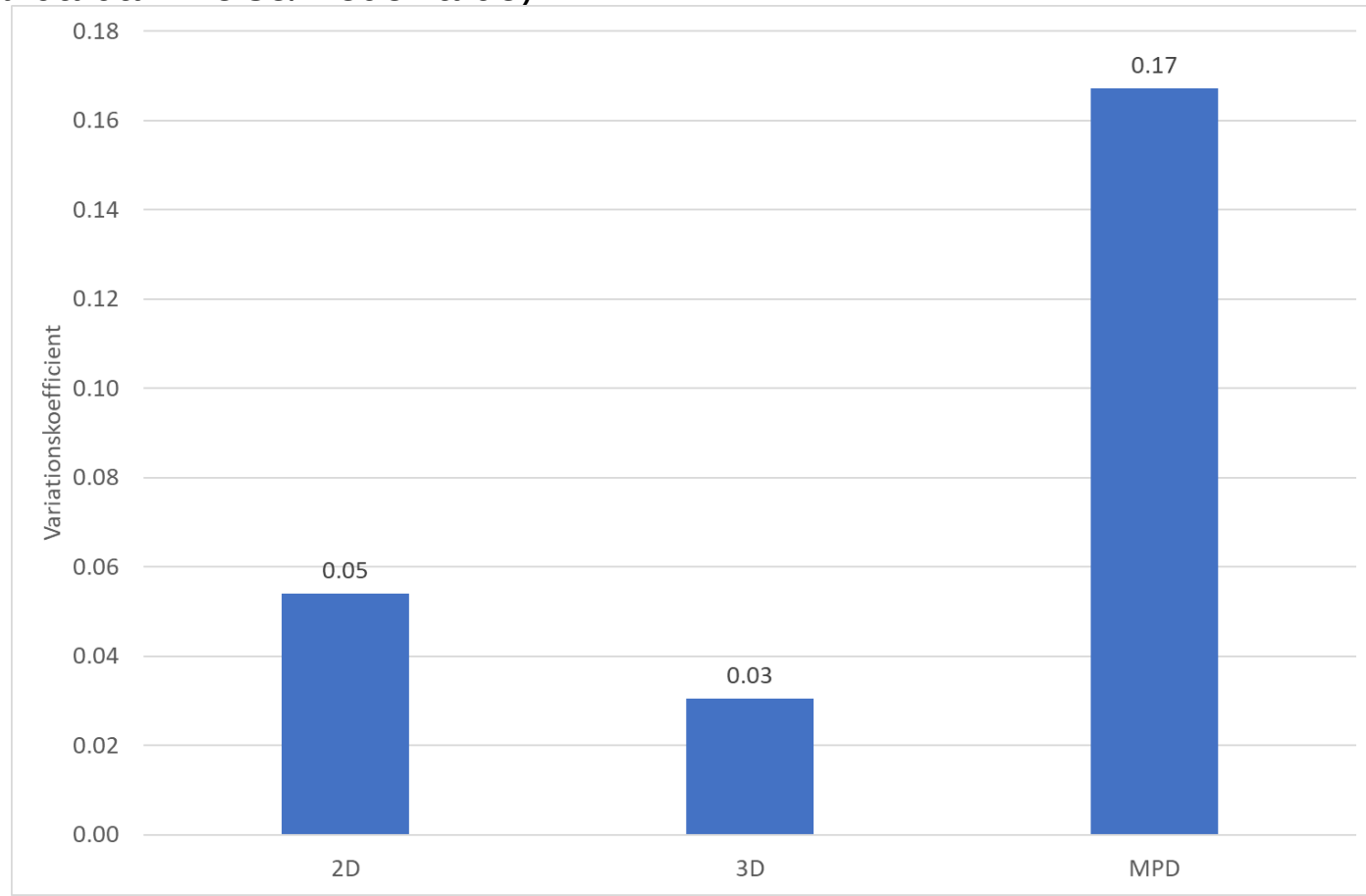
Jämförelse, 2D, 3D och MPD (TSK16)





Variationskoefficient för mätmetoderna

(Standardavvikelse/Medelvärde)



Fortsatt analys

- Texturmetoden håller på att uppdateras med maximalt tillåten variation i tvärled, hur påverkar det andel underkända sträckor?
- Kontrollera initiala förändringar av ytan, hur förändras mätdata när trafiken släpps på? Mätserie med 5 mätningar efterläggning är gjord. Detta ska ligga till grund för rekommenderad mättidpunkt efter läggning.
- Ska utvärderingsmetoderna korrigeras för att få bättre överensstämmelse?
- Kan metoderna kombineras för ett säkrare resultat?
- Bestämma mätosäkerhet för mätmetoderna
- Jämföra resultat med dagens metod, hållrumshalt från borrhärdar, med GPR/MPD-metoden

Tack för uppmärksamheten!

Thomas Lundberg, thomas.lundberg@vti.se

Finns studier som undersöker homogenitet i olika skikt i beläggningen? Är det skillnader i det avseendet på ABT och ABS/TSK?